



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA
LINDA VISTA, ZONA 4 Y DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO EN ZONA
5, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Juan Diego Lacayo Rivera

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, abril de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA
LINDA VISTA, ZONA 4 Y DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO EN ZONA
5, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA
LINDA VISTA, ZONA 4 Y DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO EN ZONA
5, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 18 de febrero de 2016.



Juan Diego Lacayo Rivera



Guatemala, 06 de septiembre de 2018
REF.EPS.DOC.756.09.2018

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Juan Diego Lacayo Rivera**, Registro Académico 201122805 y CUI 2131 67441 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA LINDA VISTA, ZONA 4 Y DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO EN ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
OAH/ra



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 04 de marzo de 2019
Ref.EPS.D.75.03.19

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA LINDA VISTA, ZONA 4 Y DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO EN ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Juan Diego Lacayo Rivera, CUI 2131 67441 0101 y Registro Académico 201122805**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte del Asesor-Supervisor, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
18 de febrero de 2019

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

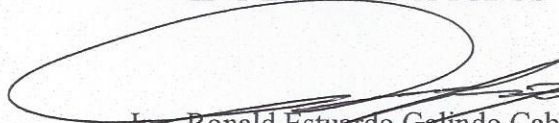
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA LINDA VISTA, ZONA 4 Y DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO EN ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Juan Diego Lacayo Rivera, con Registro Estudiantil No. 201122805, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala,
12 de septiembre de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA LINDA VISTA, ZONA 4 Y DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO EN ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Juan Diego Lacayo Rivera, con CUI 2131674410101 Registro Académico No. 201122805, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Osorio
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Juan Diego Lacayo Rivera titulado **DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA LINDA VISTA, ZONA 4 Y DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO EN ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2019

/mrrm.

Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua

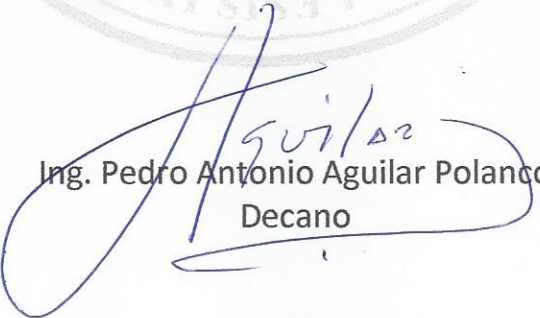




DTG. 201.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INSTITUTO BÁSICO DE DOS NIVELES EN LA COLONIA LINDA VISTA, ZONA 4 Y DISEÑO DE UN DRENAJE SANITARIO EN ZONA 5, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Diego Lacayo Rivera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y ser mi guía en este maravilloso viaje, y siempre derramar muchas bendiciones sobre mí y mi familia.
Mis padres	Ricardo Lacayo y especialmente a mi mamá, Ivonne Rivera, quien siempre me dio su apoyo, amor y aliento, en todo momento, para poder culminar esta carrera universitaria.
Mis hermanos	Por darme ese aliento para seguir creciendo como persona y como profesional.
Mis abuelos	Porque siempre han estado pendientes de mí y por ser fuerte pilar de la familia.
Mis tíos y primos	Por ser una fuente muy grande de amor y compañía; por estar conmigo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por abrirme sus puertas a la educación superior, formarme como un buen profesional y ayudarme a tener una mejor conciencia social.

Facultad de Ingeniería

En especial a mis catedráticos, por brindarme los conocimientos científicos para culminar la carrera de Ingeniería Civil.

Mis amigos

Por ser mis mejores aliados en las buenas y en las malas: Roberto Sosa, José Mazariegos, Héctor Alvarado, Rudy Fuentes, Fernando Sutuc, Oscar Vargas, Jairo Saenz, Carlos Silva, Joseph Moreno, Diego Batres, Astrid Vásquez, Katherine Cienfuegos, Daniel Chacón, Jorge Coronado, Luis Barales, Paola Pérez, Diana Escobar y María del Rosario Gómez.

**Municipalidad
de Villa Nueva**

Por abrirme sus puertas para llevar a cabo mi EPS.

**Ing. Carlos Quim y
Arq. Byron Illescas**

Por su paciencia y apoyo durante el EPS.

Ing. Oscar Argueta

Por su gran paciencia y apoyo durante todo el proceso del EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XVII
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del lugar	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Límites y colindancias.....	3
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Precipitación	3
1.1.5. Población y demografía	4
1.1.5.1. Población	4
1.1.5.2. Demografía	4
1.2. Servicios públicos	4
1.2.1. Educación	5
1.2.2. Comunicación	5
1.2.3. Salud	5
1.3. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar	6
1.4. Priorización de las necesidades	6

2.	FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL.....	9
2.1.	Diseño del instituto básico de dos niveles, colonia Linda	
	Vista zona 4, municipio de Villa Nueva	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.2.	Levantamiento topográfico	10
2.1.2.1.	Planimetría	10
2.1.2.2.	Altimetría	10
2.1.3.	Estudio de suelos	11
2.1.3.1.	Ensayo de compresión triaxial	11
2.1.4.	Diseño arquitectónico	13
2.1.5.	Sistema estructural a utilizar	16
2.1.6.	Análisis estructural.....	16
	2.1.6.1. Predimensionamiento estructural.....	17
	2.1.6.1.1. Viga.....	17
	2.1.6.1.2. Columna.....	19
	2.1.6.1.3. Losa	20
	2.1.6.2. Integración de cargas.....	21
2.1.6.2.1	CARGAS VERTICALES	21
	2.1.6.2.1. Cargas horizontales.....	26
	2.1.6.2.2. Peso propio de la estructura	26
	2.1.6.2.3. Corte basal.....	30
	2.1.6.2.4. Cálculo de fuerzas laterales	36
	2.1.6.2.5. Cálculo del centro de masa	38
	2.1.6.2.6. Cálculo del centro de rigidez	41

	2.1.6.2.7.	Cálculo de excentricidad.....	45
	2.1.6.2.8.	Distribución de las fuerzas laterales.....	46
	2.1.6.2.9.	Análisis de marcos por el método de Kanni.....	54
	2.1.6.2.10.	Momentos últimos por envolvente de momentos	67
2.1.7.		Diseño estructural.....	71
	2.1.7.1.	Diseño de losa prefabricada.....	71
	2.1.7.2.	Diseño de vigas	75
	2.1.7.2.1.	Diseño a flexión	76
	2.1.7.2.2.	Diseño a corte.....	82
	2.1.7.3.	Diseño de columnas.....	88
	2.1.7.3.1.	Cálculo de la carga axial.....	90
	2.1.7.3.2.	Cálculo del efecto de esbeltez.....	92
	2.1.7.3.3.	Magnificación de momentos	97
	2.1.7.3.4.	Cálculo del acero longitudinal.....	99
	2.1.7.3.5.	Cálculo del acero transversal	103
	2.1.7.4.	Diseño de zapatas.....	108
	2.1.7.4.1.	Zapata concéntrica	108

	2.1.7.4.2.	Cálculo del corte simple.....	111
	2.1.7.4.3.	Cálculo del corte punzonante	116
	2.1.7.4.4.	Cálculo del refuerzo transversal	117
	2.1.7.4.5.	Zapata excéntrica	121
	2.1.7.5.	Diseño de gradas	130
	2.1.7.6.	Diseño de instalaciones	133
	2.1.7.6.1.	Instalación de agua potable	134
	2.1.7.6.2.	Instalación sanitaria	139
	2.1.7.6.3.	Instalación pluvial	140
	2.1.7.6.4.	Instalaciones eléctricas.....	142
	2.1.7.7.	Presupuesto de instituto básico de Linda Vista.....	146
	2.1.7.8.	elaboraciones de planos finales.....	147
2.2.		Diseño de un sistema de drenaje sanitario en la zona 5, municipio de Villa Nueva	148
	2.2.1.	Descripción del proyecto	148
	2.2.1.1.	Alcances del proyecto	149
	2.2.1.2.	Levantamiento topográfico	149
	2.2.1.2.1.	Planimetría.....	149
	2.2.1.2.2.	Altimetría.....	150
	2.2.2.	Parámetros de diseño	150
	2.2.2.1.	Periodo de diseño	150
	2.2.2.2.	Diseño de secciones y pendientes.....	151
	2.2.2.3.	Velocidades de diseño	151

2.2.2.4.	Diámetros mínimos de tubería	152
2.2.2.5.	Pendientes.....	152
2.2.2.6.	Tirante mínimo y máximo	153
2.2.2.7.	Relaciones hidráulicas	153
2.2.2.8.	Ancho de zanja.....	156
2.2.2.9.	Profundidades mínimas de tubería	156
2.2.2.10.	Pozos de visita	157
2.2.2.11.	Cotas Invert	159
2.2.2.12.	Disipadores de energía	160
2.2.3.	Diseño del drenaje sanitario	161
2.2.3.1.	Diseño del sistema a utilizar.....	162
2.2.3.2.	Estudio de población	162
2.2.3.3.	Dotación	163
2.2.3.4.	Cálculo e integración de caudal sanitario	163
2.2.3.4.1.	Caudal domiciliar	163
2.2.3.4.2.	Caudal de infiltración ..	164
2.2.3.4.3.	Caudal de conexiones ilícitas	165
2.2.3.4.4.	Caudal comercial e industrial.....	165
2.2.3.4.5.	Caudal sanitario	166
2.2.3.4.6.	Factor de caudal medio	166
2.2.3.4.7.	Factor de Harmond.....	167
2.2.3.4.8.	Caudal de diseño	167
2.2.3.5.	Conexiones domiciliarias	168
2.2.3.6.	Cálculo de un tramo del sistema de alcantarillado sanitario.....	168

2.2.3.7.	Desfogue	177
2.2.3.8.	Tabla drenaje sanitario.....	177
2.2.3.9.	Presupuesto de alcantarillado sanitario	177
CONCLUSIONES.....		179
RECOMENDACIONES		181
BIBLIOGRAFÍA.....		183
APÉNDICES		185
ANEXOS.....		189

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del departamento de Guatemala	2
2.	Ubicación del municipio de Villa Nueva.....	2
3.	Muestra de suelo	12
4.	Planta área tributaria	22
5.	Cargas verticales en el sentido X, en eje B bloque 2.....	25
6.	Cargas verticales en el sentido Y, eje 3 bloque 2	25
7.	Cargas laterales del marco 3.....	53
8.	Cargas laterales del marco B	53
9.	Resultados del método de Kanni para carga muerta, eje 3, bloque 2 ..	57
10.	Resultados Kanni, carga de sismo, eje 3, bloque 2	58
11.	Resultados Kanni, carga de viva, eje B, bloque 2.....	59
12.	Resultados Kanni, carga muerta, eje B, bloque 2	60
13.	Resultados Kanni, carga de sismo, eje B, bloque 2.....	61
14.	Diagrama de momento de carga muerta en vigas, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2.....	64
15.	Diagrama de momento de carga viva en vigas, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2.....	64
16.	Diagrama de momento de carga muerta, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2.....	65
17.	Diagrama de momento de carga viva en columnas, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2.....	65
18.	Diagrama de momento en vigas, carga de sismo, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2.....	66

19.	Refuerzo longitudinal viga	81
20.	Armado final de la viga	87
21.	Coeficientes que miden el grado de empotramiento, sentido X	93
22.	Coeficientes que miden el grado de empotramiento, sentido Y	96
23.	Detalle de columna	106
24.	Corte simple.....	115
25.	Área de punzonamiento zapata.....	116
26.	Momento flector sobre zapata	117
27.	Detalle armado final de zapata.....	120
28.	Dimensiones efectivas de la cimentación	125
29.	Detalle armado final de zapata.....	129

TABLAS

I.	Índices y capacidad para ambientes educativos.....	14
II.	Alturas o espesores mínimos de vigas.....	18
III.	Cargas últimas	20
IV.	Cargas vivas y cargas muertas	21
V.	Peso del bloque 2	29
VI.	Peso total del bloque 2	29
VII.	Coeficiente de sitio Fa	31
VIII.	Coeficiente de sitio Fv	32
IX.	Factor Na para períodos cortos de vibración	32
X.	Factor Nv para períodos largos de vibración	33
XI.	Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismorresistentes.....	34
XII.	Corte basal, bloque 2.....	36
XIII.	Fuerzas laterales bloque 2	38
XIV.	Cálculos centro de masa, nivel 2 bloque 2.....	41
XV.	Cálculos centro de masa, nivel 1 bloque 2.....	41

XVI.	Centro de rigidez eje X, nivel 2.....	42
XVII.	Centro de rigidez eje Y, nivel 2.....	43
XVIII.	Centro de rigidez, eje x nivel 1	44
XIX.	Centro de rigidez, eje Y nivel 1.....	45
XX.	Resumen centro de rigidez, nivel 1 y 2, bloque 2	45
XXI.	Fuerza lateral, bloque 2, nivel 2, sentido X	51
XXII.	Fuerza lateral, bloque 2, nivel 2, sentido Y	52
XXIII.	Fuerza lateral, bloque 2, nivel 1, sentido X	52
XXIV.	Fuerza lateral, bloque 2, Nivel 1, sentido Y.....	52
XXV.	Momentos finales (kg-m), carga muerta, eje 3, bloque 2.....	62
XXVI.	Momentos finales (kg-m), carga de sismo, eje 3, bloque 2.....	62
XXVII.	Momentos finales (kg-m), carga viva, eje B, bloque 2	63
XXVIII.	Momentos finales (kg-m), carga muerta, eje B, bloque 2	63
XXIX.	Momentos finales (kg-m), carga de sismo, eje B, bloque 2	63
XXX.	Comparación de resultados entre método de Kanni con Etabs.....	66
XXXI.	Envolvente de momentos vigas del eje B, bloque 2.....	69
XXXII.	Envolvente de momentos, continuación vigas del eje B, bloque 2	70
XXXIII.	Envolventes de momentos, vigas eje 3, bloque 2	70
XXXIV.	Cálculo de las áreas de acero	78
XXXV.	Carga axial sobre columnas del nivel 1 y 2	90
XXXVI.	Coeficientes que miden el grado de empotramiento, sentido Y.....	96
XXXVII.	Valor soporte permisible, según tipo de suelo	110
XXXVIII.	Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso público)	135
XXXIX.	Gastos probables para la aplicación del método Hunter (lt/s)	137
XL.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga.....	139
XLI.	Diámetro de las derivaciones en colector.....	140
XLII.	Circuitos de iluminación.....	144

XLIII.	Circuito de fuerza.....	145
XLIV.	Presupuesto instituto básico de Linda Vista.....	146
XLV.	Velocidades mínimas y máximas según tipo de tubería	152
XLVI.	Diámetros mínimos.....	152
XLVII.	Tirantes mínimos y máximos.....	153
XLVIII.	Relaciones hidráulicas.....	154
XLIX.	Ancho de zanja	156
L.	Profundidad mínima tubería de PVC.....	157
LI.	Profundidad mínima tubería cemento	157
LII.	Diámetros de pozos de visita	158
LIII.	Refuerzo de pozos de visita en función de la altura	158
LIV.	Factor de infiltración	164
LV.	Presupuesto de alcantarillado sanitario	177

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H_i	Altura del nivel
h	Altura de sección del elemento
Φ	Ángulo de fricción interna
β	Ángulo de inclinación de la carga sobre zapatas
A_s	Área de acero
A_{smax}	Área de acero máximo
A_{smin}	Área de acero mínimo
A_v	Área de acero de la varilla de acero
A	Área de una superficie
A_g	Área gruesa del elemento
b	Base de sección del elemento
P	Cara puntual
Q_{adm}	Carga admisible en suelo
P_u	Carga axial última
W	Carga distribuida
SISMO	Carga inducida por sismo
CM	Carga muerta
CM dist.	Carga muerta distribuida
Q_u	Carga última en suelo
CV	Carga viva
CV dist.	Carga viva distribuida
Q	Caudal a sección llena
q	Caudal a sección parcialmente llena

Q dis	Caudal de diseño
Q dom	Caudal domiciliar
Q Ind	Caudal industrial
Q med	Caudal medio
cm	Centímetro
Cm	Centro de masa
Cr	Centro de rigidez
Ca	Coeficiente de carga en losa para lado corto
C	Coeficiente de escorrentía
R	Coeficiente de sistema estructural
Ct	Coeficiente de sistema estructural para período
Ca	Coeficiente sísmico
Cu	Cohesión del suelo
Vcol	Cortante de concreto
Vpr	Cortante plástico resistente debido a sismo
Vn	Cortante por nivel
VR	Corte resistente por concreto
Vs	Cortante resistente por la varilla
Vu	Cortante último
CTF	Cota final de terreno
CTI	Cota inicial de terreno
CIE	Cota invert de entrada
CIS	Cota invert de salida
ρ	Cuantía de acero
pbal	Cuantía de acero balanceada
pcy	Cuantía de acero máxima
pmin	Cuantía de acero mínimo
Δ	Deflexión
D	Desplante del suelo

D	Diámetro de tubería
Xcm	Distancia al centro de masa sobre eje x
Ycr	Distancia al centro de rigidez sobre eje y
Xcr	Distancia al centro de rigidez sobre eje x
Ycm	Distancia al centro de masa sobre eje y
DH	Distancia horizontal
Dot	Dotación
S	Espaciamiento de estribos en elementos
t	Espesor de la sección del elemento (losa y zapatas)
e	Excentricidad
emin	Excentricidad mínima
ex	Excentricidad sobre el eje X
ey	Excentricidad sobre el eje Y
M1	Exceso de momento en viga
Fqm	Factor de caudal medio
Nq, Ny, Nc	Factor de carga para formula modificada de Terzaghi
Nv	Factor de cercanía a fuente
Na	Factor de cercanía a la fuente
F.H.	Factor de Harmond
Fs	Factor de seguridad
Z	Factor de zona
FM"	Fuerza de torsión
FM	Fuerzas por marco
Fni	Fuerzas por nivel
FM'	Fuerza proporcional a la rigidez
=	Igual a
I	Intensidad de lluvia
kg/m²	Kilogramo por metro cuadrado
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico

km	Kilometro
Lts./hab./día	Litros por habitante por día
L	Longitud de tubería
L	Luz del elemento
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m/s	Metro por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
Es	Módulo de elasticidad del acero
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
k	Módulo de reacción
Ei	Módulo de rigidez
M (-)	Momento negativo
Mpr	Momento plástico o resistente a sismo
M (+)	Momento positivo
MR	Momento resistente
Mu	Momento último
Núm. Hab	Número de habitantes
S	Pendiente
d	Peralte efectivo del elemento
bo	Perímetro crítico de la zapata
T	Periodo natural de vibración
Wc	Peso del concreto
ys	Peso específico del suelo
Wi	Peso por nivel

PV	Pozo de visita
Qe	Presión de contacto
R	Recubrimiento en elemento
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
γ	Relación entre altura y altura efectiva en columnas
f'c	Resistencia nominal a compresión del concreto
Fy	Resistencia nominal a la fluencia del acero
Ki	Rigidez de marco
SC	Sobre carga
i	Tasa de crecimiento poblacional
Ve	Valor de corte basal
V	Velocidad del flujo a sección llena
v	Velocidad del flujo dentro del drenaje
VAS	Vías alternas del sur

GLOSARIO

ACI	Siglas de <i>American Concrete Institute</i> .
ACI 318-11	Requisitos de Reglamento para concreto estructural (ACI 318S-11)
Agua pluvial	Agua que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación.
Agua residual	Tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.
Análisis estructural	Proceso que se realiza para determinar las respuestas de la estructura ante las acciones exteriores que pueden afectarla.
Área tributaria	Área de carga que afecta a un elemento estructural.
Carga mayorada	Carga multiplicada por los factores de mayoración apropiados, y que se utiliza con el objeto de dimensionar los elementos.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que, en un punto observado en un instante determinado, fluye dentro de una tubería.

Corte basal	En cálculo estructural, es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación, para simular sobre un modelo matemático, los efectos del sismo en la estructura.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de habitantes por unidad de área.
Descarga	Lugar donde se desfogan las aguas residuales provenientes de un colector, las cuales pueden estar crudas o tratadas.
Estribo	Refuerzo transversal que absorbe los esfuerzos de corte de un elemento estructural.
Estructura	Conjunto de elementos, unidos, ensamblados o conectados entre si, que tienen la función de recibir cargas, soportar esfuerzos y transmitir esas cargas al suelo, garantizando así la función estático - resistente de la construcción.
Excentricidad	Es la distancia que separa al centro de masa del centro de rigidez.
Factor de caudal medio	Relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.

Factor de Harmond	Factor de seguridad para las horas pico. Está en relación con la población.
Factor de Manning	Ecuación utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto; relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Factor de retorno	Porcentaje de agua potable que después de ser utilizada, va al sistema de drenaje.
Factor de rugosidad	Factor que expresa qué tan lisa es una superficie.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Intensidad de lluvia	Relación entre la precipitación pluvial y su duración.
Iteración	Es repetir una serie de funciones hasta obtener un dato confiable.
Momento	Resultado de la aplicación de una fuerza a una distancia de su centro de masa.
Período de diseño	Período en el cual, el sistema prestará un servicio eficiente.

Rigidez	Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
Sismo	Es una sacudida de la superficie terrestre, provocado por el acomodamiento de las placas tectónicas a una cierta profundidad, partiendo de un epicentro.
Tirante	Altura de las aguas residuales y pluviales dentro de un drenaje.
Topografía	Ciencia que determina las posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre.
Valor soporte	Capacidad de carga del suelo. En unidades de fuerza por unidad de área.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), realizado en la municipalidad de Villa Nueva. Este consiste en el diseño de un instituto básico de dos niveles en la colonia Linda Vista, con el objetivo de mejorar el servicio educativo en el municipio. También incluye el diseño de un drenaje sanitario en la zona 5, con el objetivo de mejorar las condiciones sanitarias de la comunidad.

Este informe está conformado por la fase de investigación y la fase de servicio técnico profesional. En la fase de investigación se especifica la monografía del municipio de Villa Nueva y un diagnóstico de las necesidades básicas y de los servicios de infraestructura necesarios. En la fase de servicio técnico profesional, se presenta el desarrollo del diseño de la edificación escolar de dos niveles y el diseño del drenaje sanitario.

El complejo educativo cuenta, en la planta baja, con siete aulas, un módulo de baños, un laboratorio de cómputo, una sala de maestros y una garita de control.

En el segundo nivel se dispone de seis aulas, un salón para impartir educación para el hogar, el área de coordinación y un módulo de baños. El complejo educativo cuenta también con una cancha polideportiva para uso de los estudiantes. El proyecto cuenta con un área de 1 300 metros cuadrados de construcción. El instituto beneficiara directamente a 400 estudiantes diarios.

El drenaje sanitario consta de 1,6 kilómetros. Dicho proyecto beneficiará a 4 000 habitantes.

Para cada diseño se describen los criterios de diseño, memorias de cálculo, planos y presupuesto.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de drenaje sanitario en la zona 5 y un edificio de dos niveles para un instituto en la colonia Linda Vista, Villa Nueva, Guatemala, cumpliendo con las normas que garanticen la calidad en su ejecución.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica del municipio de Villa Nueva.
2. Realizar el diseño de un instituto básico de dos niveles para la colonia Linda Vista, el cual permitirá darle un mejor nivel de educación a los jóvenes que habitan en las cercanías de la colonia.
3. Diseñar un drenaje sanitario para conducir las aguas residuales a una planta de tratamiento ya existente.
4. Elaborar los planos correspondientes al diseño de los proyectos.
5. Realizar el presupuesto de los diferentes proyectos.

INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado pretende apoyar a los municipios y comunidades que carecen de infraestructura adecuada, aplicando conocimientos generales y específicos de Ingeniería Civil.

La infraestructura de un municipio es de vital importancia para el desarrollo económico y bienestar de su población. El municipio de Villa de Nueva carece de infraestructura para educación y drenajes sanitarios. Dicha problemática afecta el desarrollo y salud de sus habitantes.

El presente trabajo de graduación consta de dos capítulos. El primer capítulo corresponde a la fase de investigación. En dicho capítulo se describen la monografía y otros aspectos sociales que describen el municipio de Villa Nueva.

El segundo capítulo consiste en el diseño de dos proyectos. El primer proyecto es un edificio escolar de dos niveles en la colonia Linda Vista, y el segundo proyecto es el diseño de un drenaje sanitario ubicado en la zona 5 del municipio de Villa Nueva.

El complejo educativo cuenta en la planta baja con trece aulas, dos módulos de baños, un laboratorio de cómputo, una sala de maestros, una garita de control, un salón para impartir educación para el hogar, el área de coordinación. El proyecto cuenta con un área de 1 300 metros cuadrados de construcción. El instituto beneficiara directamente a 400 estudiantes diarios.

El drenaje sanitario consta de 1,6 kilómetros. Dicho proyecto beneficiará a 4 000 habitantes.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

El municipio de Villa Nueva es el segundo municipio más poblado del departamento de Guatemala. Por su ubicación cercana a la ciudad capital y a una de las rutas comerciales más importantes del país, como lo es la CA-9, se ha convertido en un municipio con un índice de crecimiento bastante importante. Por su ubicación geográfica, Villa Nueva es un municipio con un gran desarrollo en proyectos habitacionales y en establecimientos industriales.

La población de este municipio cuenta con servicios básicos como: servicio de correo, servicio de telecomunicaciones, una sede del INTECAP, agua, alcantarillado, servicio eléctrico particular y público, servicio urbano y extra urbano de transporte, taxis rotativos, hoteles, comercios, estaciones de bomberos, cuerpo de policía, sanatorios y escuelas, aunque algunos de estos servicios no están al alcance de toda la población.

1.1.1. Ubicación y localización

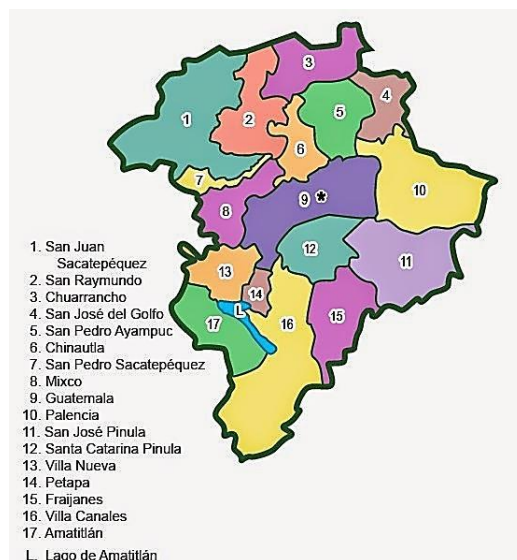
Villa Nueva es uno de los 17 municipios del departamento de Guatemala. Está ubicado en el área metropolitana dentro de la cuenca del lago de Amatitlán, a 16 kilómetros de la ciudad capital.

Figura 1. **Ubicación del departamento de Guatemala**



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Ubicación del municipio de Villa Nueva**



Fuente: elaboración propia.

1.1.2. Límites y colindancias

1.

El municipio de Villa Nueva colinda al norte con los municipios de Mixco y Guatemala, al oriente con San Miguel Petapa, al sur con Amatitlán y al poniente con Magdalena Milpas Altas, Santa Lucía Milpas Altas y San Lucas Sacatepéquez.

1.1.3. Clima

Según la información proporcionada por la municipalidad de Villa Nueva, el clima en el municipio de Villa Nueva es considerado templado, alcanzando durante todo el año, temperaturas máximas de 28 °C y mínimas de 12 °C. Según la estación meteorológica central de INSIVUMEH, ubicada en la zona 13 de la ciudad de Guatemala, se determinaron los siguientes datos:

- Temperatura promedio anual: 18,8 grados centígrados.
- Humedad relativa que se presenta en el lugar es de 78 por ciento.
- Velocidad de viento promedio es de 5,7 kilómetros por hora.
- Presión atmosférica que indica el barómetro de la estación es de 641,5 mmHg.
- La evapotranspiración de la cuenca se encuentra entre 1 500 y 1 800 mm anuales, con una media de 1 650 mm.

1.1.4. Precipitación

Según la estación meteorológica central de INSIVUMEH, se determinaron los siguientes datos con respecto a la precipitación en el municipio de Villa Nueva:

- Punto de rocío varía entre 8 y 19 grados.
- Precipitación en el lugar oscila entre 998,3 y 1 079,5 milímetros anuales, con un promedio de 125 días de lluvia al año.
- La humedad relativa media se encuentra entre los valores de 76 % y 80 %.

1.1.5. Población y demografía

En esta sección se describe la población y la demografía del municipio de Villa Nueva.

1.1.5.1. Población

Se estima que la población en el municipio de Villa Nueva oscila entre 800 mil y 1 millón de personas, en una extensión territorial de 114 kilómetros cuadrados.

1.1.5.2. Demografía

Según el censo realizado en el año 2002 por el Instituto Nacional de Estadística, se dio un crecimiento de población de un 80 %. Se cuenta con una tasa de crecimiento poblacional de un 3 %. La densidad poblacional es de 300 habitantes por hectárea.

1.2. Servicios públicos

A continuación, se describen algunos de los servicios públicos del municipio de Villa Nueva.

1.2.1. Educación

El municipio cuenta con una gama amplia de centros de capacitación, escuelas e institutos. Dicho municipio cuenta con una sede del INTECAP, fomentando así los centros de capacitación integral. Hay escuelas de niveles preprimario, primario, básico y diversificado. Dichos centros funcionan en diferentes jornadas y fin de semana. Se tiene contemplada la apertura de un *campus* universitario.

1.2.2. Comunicación

La municipalidad de Villa Nueva ha realizado todo tipo de obras civiles como los son: drenajes sanitarios y pluviales, pavimentaciones de vías de acceso, plantas de tratamiento y obras sociales. También contempla una de las principales rutas de la nueva Vía Altera del Sur (VAS), facilitando, de gran manera, la circulación de vehículos y la disminución del tráfico en las principales rutas del municipio.

1.2.3. Salud

Se cuenta con tres clínicas dentales, un centro de atención temprana de cáncer de mama, un hospital oftalmológico, un centro de salud y dos hospitales regionales para poder atender a la población de Villa Nueva. En la actualidad se realiza la construcción del hospital nacional del municipio, ubicado en el kilómetro 22. El sector salud de este municipio ha crecido bastante en los últimos años debido a la alta demanda y al crecimiento de la población a través de los años.

1.3. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar

Dentro de Villa Nueva las comunidades aun padecen de escasez en infraestructura. Con el diseño y ejecución de proyectos, se contribuirá a la ampliación y cobertura de los servicios de infraestructura en la comunidad. La colonia Linda Vista, no tiene las instalaciones adecuadas de un centro educativo que pueda proveer educación integral y digna para la población de este municipio. En la zona 5, no se cuenta con un sistema de drenaje sanitario diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas residuales. Actualmente las aguas residuales son vertidas directamente en la calle, provocando así malos olores y aumentando el riesgo de enfermedades para la población.

Los dos proyectos antes mencionados mejorarán las condiciones de vida de la población, a través de la educación y el saneamiento de la comunidad de la zona 5 de Villa Nueva.

1.4. Priorización de las necesidades

El incremento de la población, el aumento del costo de vida y la falta de infraestructura adecuada para recibir una educación digna, han provocado que los niveles de analfabetismo en el municipio crezcan. La población atendida por el proceso de alfabetización es de 16 %. Por medio de un buen diseño constructivo se busca realizar un instituto que cumpla con todas las necesidades y requerimientos para recibir clases en óptimas condiciones. Se espera que al llevar a cabo dicho proyecto la población pueda mejorar sus condiciones de vida a través de una mejor educación y que el nivel de analfabetismo en Guatemala disminuya.

Con la implementación de un sistema de drenaje sanitario la zona 5 mostrará un desarrollo del lugar y que involucrará a todo un municipio. La adecuada recolección de aguas a un sistema de drenajes reducirá el nivel de enfermedades y la proliferación de focos contaminantes en las aéreas habitadas actualmente.

2. FASE TÉCNICA Y PROFESIONAL

2.1. Diseño del instituto básico de dos niveles, colonia Linda Vista zona 4, municipio de Villa Nueva

A continuación, se describe y detalla el diseño del instituto básico. Se describe el proyecto y se detallan los cálculos y parámetros de diseño.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles, ubicado en la colonia Linda Vista, zona 4 del municipio de Villa Nueva.

El complejo educativo cuenta en la planta baja con siete aulas, un módulo de baños, un laboratorio de cómputo, una sala de maestros y una garita de control.

En el segundo nivel se dispone de seis aulas, un salón para impartir educación para el hogar, el área de coordinación y un módulo de baños.

El complejo educativo cuenta también con una cancha polideportiva para uso de los estudiantes. El proyecto cuenta con un área de aproximadamente 1 300 metros cuadrados de construcción. El instituto beneficiará directamente a 400 estudiantes.

El terreno asignado para la construcción de este instituto es propiedad de la municipalidad.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Antes de realizar cualquier proyecto es necesario realizar los estudios topográficos correspondientes para poder determinar con exactitud los linderos o límites de la propiedad destinada al proyecto.

El levantamiento topográfico se realizó por medio de una estación total, propiedad de la municipalidad. La estación total registra la posición, distancia y ángulos de todos los puntos que se quieren analizar. Se utilizó una brújula con la cual se pudo determinar el norte al iniciar los levantamientos.

2.1.2.1. Planimetría

El objetivo del primer tipo de levantamiento topográfico es determinar la posición relativa de uno o más puntos sobre un plano horizontal. A tal efecto, se miden las distancias horizontales y los ángulos horizontales o direcciones. Se usa el método de planimetría.

El método que se utilizó en la planimetría para hacer el levantamiento topográfico del drenaje sanitario fue el Método de poligonal abierta el cual consiste en medir distancias horizontales y azimut. Y para el edificio educativo se hizo el levantamiento por medio del Método de radiaciones.

2.1.2.2. Altimetría

El objetivo del segundo tipo de levantamiento topográfico es determinar la altura de uno o más puntos en relación con un plano horizontal definido. A tal efecto, se miden las distancias horizontales y las diferencias de altura; y también se trazan curvas de nivel.

2.1.3. Estudio de suelos

Para el edificio escolar se realizó un ensayo de compresión triaxial para poder determinar el valor soporte del suelo y conocer las características del mismo.

2.1.3.1. Ensayo de compresión triaxial

El ensayo de compresión triaxial se utiliza para conocer las propiedades físicas de un suelo, entre ellas la más importante es el valor soporte, pues dicho valor será el utilizado para el diseño de cimentación.

El ensayo de compresión triaxial se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para el ensayo se llevó una muestra de suelo de 1 pie cúbico. Para extraer dicha muestra se hizo un pozo de 2 metros x 2 metros de ancho y 3 metros de profundidad.

La profundidad a la que se sacó la muestra depende de varios factores.

El código AGIES, en su norma NSE 2.1, hace referencia a la profundidad de exploración en la tabla 4.5.1.3.2, y se determina que para obras ordinarias e importantes, la profundidad de exploración para edificaciones deber ser de $0,75 \times H$. Cabe mencionar que dicha profundidad está enfocada para las exploraciones con equipo mecánicos de extracción de núcleos. Como no se cuenta con un equipo de exploración, se hizo una exploración de pozo a cielo abierto de la cual se tomó una muestra inalterada a una profundidad de 2,30 metros, mostrándose en el perfil estratigráfico que del nivel 0,30 al nivel 3

se mantiene el mismo tipo de suelo, siendo la descripción del mismo una arena limosa de color café, siendo este un buen tipo de suelo.

Para definir el desplante de la cimentación se siguieron los criterios de la municipalidad de Villa Nueva. Por el tipo de suelo y por la experiencia, los ingenieros de la DMP recomiendan usar un desplante de 0,80 m. Se investigó si el desplante propuesto por la municipalidad es correcto. Según la tabla 5.10.1 del AGIES NS 2.1, mostrado en anexos, se indica que la profundidad mínima de cimentación es de 0,80 m. Por lo tanto, lo propuesto por la municipalidad cumple con las normativas.

Figura 3. **Muestra de suelo**



Fuente: elaboración propia.

Del ensayo triaxial realizado, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado
- Ángulo de fricción interna: $\phi = 33,33$ grados

- Cohesión: $C_u = 1,27 \text{ ton/m}^2$
- Descripción del suelo: arena limosa color café
- Densidad seca = $1,11 \text{ ton/m}^3$
- Densidad húmeda = $1,45 \text{ ton/m}^3$
- Humedad = 28,99 %

Los resultados de este ensayo y el diagrama de iteración se observa en el anexo 2.

2.1.4. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico es la capacidad de proyectar y construir edificios que respondan a los requerimientos pedagógicos, buscando alcanzar la mayor optimización de los recursos disponibles. Para tener un lugar funcional y una estructura con resistencia adecuada, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios arquitectónicos y normas de diseño.

El diseño arquitectónico fue propuesto por la DMP (Dirección Municipal de Planificación); se hicieron pequeños cambios para que el edificio escolar cumpliera con los criterios establecidos por el Ministerio de Educación.

Para el diseño de los edificios escolares el Ministerio de Educación a través del *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos* describe los criterios que se deben de utilizar para los espacios que se brindaran a los alumnos y a los maestros. En la siguiente tabla se muestran la capacidad y los índices para ambientes educativos.

Tabla I. **Índices y capacidad para ambientes educativos**

Tipo de área	Área mínima requerida por educando (m ²)	Capacidad máxima de educandos por ambiente
Aulas multigrado	2.00	40
Aulas del nivel preprimario	2.00	36
Aulas del nivel primario (primero a sexto)	1.50	40
Aulas del nivel medio (básico y diversificado)	1.50	40
Tecnologías de información y comunicación (primaria y básico)	2.40	40
Tecnologías de información y comunicación (diversificado)	3.00	20
Aula de proyecciones (nivel preprimario)	1.50	36
Aula de proyecciones (nivel primario)	1.50	40
Aula de proyecciones (nivel medio)	1.50	40
Laboratorio de Ciencias Naturales (nivel primario y medio)	2.60	40
Laboratorio de Física (ambiente de Ciencias Naturales, diversificado)	3.00	20
Laboratorio de Química (ambiente de Ciencias Naturales, diversificado)	3.00	20
Laboratorio de Biología (ambiente de Ciencias Naturales, diversificado)	3.00	20

Continuación de la tabla I.

Tipo de área	Área mínima requerida por educando (m²)	Capacidad máxima de educandos por ambiente
Expresión Artística (ambiente de Artes Plásticas, nivel primario y ciclo básico del nivel medio)	1.50	40
Expresión Artística (ambiente de Artes Plásticas, ciclo diversificado)	2.80	20
Expresión Artística (ambiente de Música, Danza y Teatro, nivel primario y ciclo básico del nivel medio)	1.20	40
Expresión Artística (ambiente de Música, Danza y Teatro, ciclo diversificado)	3.00	20
Taller de Productividad y Desarrollo 1 (TI, nivel primario y ciclo básico del nivel medio)	2.40	40
Taller de Productividad y Desarrollo 1 (TI, alimentos, ciclo diversificado)	3.50	40
Taller de Productividad y Desarrollo 1 (TI, textiles, ciclo diversificado)	3.50	40
Taller Productividad y Desarrollo 2 (TII, nivel primario y ciclo básico del nivel medio)	2.40	40
Taller de Productividad y Desarrollo 2 (TII, mecánica, ciclo diversificado)	8	40

Fuente: MINEDUC. *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. p. 58.

Como se observa en la tabla I, el área mínima requerida para un alumno de nivel medio es de 1,50 m². El área del aula más pequeña tiene 55,36 metros cuadrados. Dicha aula tendrá 35 alumnos, teniendo un área de 1,58 m² por alumno, lo cual cumple con lo descrito en el manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales.

La altura mínima en clima templado debe ser de 3,20 m. Las alturas se miden a partir del nivel de piso interior terminando hasta el punto más bajo de la estructura de cubierta.

La altura de cada nivel del centro escolar es de 3,6 m, dicha altura cumple con los requerimientos mínimos.

Los ambientes del área educativa deben tener proporción ancho-largo que no exceda de una relación de 1.1.5. La excepción son los talleres de Economía Doméstica y Artes Industriales, que utilizan una proporción ancho-largo que no exceda de una relación de 1:2.

2.1.5. Sistema estructural a utilizar

La importancia de diseñar elementos estructurales correctamente calculados radica en la necesidad de proveer a la estructura los requerimientos necesarios para un buen desempeño ante sismos y otros fenómenos naturales que podrían provocar daños irreversibles a las estructuras.

Teniendo en cuenta el área del terreno y las necesidades de espacios, se consideró la construcción de un edificio de dos niveles. Para este caso, se eligió el sistema estructural de marcos dúctiles, unidos con nudos rígidos de concreto reforzados (vigas y columnas) y losas prefabricadas (sistema de vigueta y bovedilla).

2.1.6. Análisis estructural

Para analizar una estructura es necesario idealizar cómo se encuentran soportados y conectados los elementos entre sí. Luego se colocan las cargas y

se analizan los desplazamientos y momentos por medio de los métodos establecidos para el análisis estructural

El análisis estructural estudia, mediante diferentes métodos, la determinación de los esfuerzos y deformaciones que se presentan en una estructura. Para el análisis estructural se utilizó uno de los métodos exactos de análisis estructural, el método de Kanni.

Se hará el análisis y diseño estructural de los ejes más críticos del bloque 2.

2.1.6.1. Predimensionamiento estructural

Para estimar las acciones de las cargas en los elementos estructurales, primero es necesario hacer una estimación de las dimensiones de dichos elementos. Esta estimación es conocida como predimensionamiento. Predimensionar la estructura, es asignar medidas preliminares a los elementos que la componen, los cuales serán utilizados para soportar las cargas aplicadas.

En el AGIES no se hace referencia al predimensionamiento de los diferentes elementos estructurales, por lo que se hizo el predimensionamiento en base al ACI. Para dicho procedimiento se pueden utilizar métodos analíticos cortos que se describen a continuación:

2.1.6.1.1. Viga

Para predimensionar las vigas se utiliza la tabla 9,5 (a) del ACI 318S-11. Esta tabla propone un espesor de viga mínimo, h , en función de la longitud de la viga.

Tabla II. **Alturas o espesores mínimos de vigas**

TABLA 9.5(a) — ALTURAS O ESPESORES MÍNIMOS DE VIGAS NO PREESFORZADAS O LOSAS REFORZADAS EN UNA DIRECCIÓN A MENOS QUE SE CALCULEN LAS DEFLEXIONES				
	Espesor mínimo, <i>h</i>			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

Fuente: ACI 318S-11. *Capítulo 9*. p. 130

Se toma en consideración la viga con longitud más grande.

$$L=8,65 \text{ m}$$

$$H_{viga} = L/21 = 8,65/21 = 0,41 \text{ m} = 41 \text{ cm}$$

Con base en conocimientos adquiridos en el curso de análisis estructural. También se puede utilizar un 8 % de la longitud de la viga.

$$H_{viga} = 0,08 * 8,65 = 0,69 \text{ m} = 69 \text{ cm} \sim 70 \text{ cm}$$

Se toma la altura más grande, siendo $h_{viga} = 70 \text{ cm}$

$$b = h/2 = 70/2 = 35 \text{ cm}$$

La sección de la viga será de 35 cm*70 cm

2.1.6.1.2. Columna

Para predimensionar las columnas se basa en la carga aplicada y el área tributaria, para luego calcular la sección.

Como recomendaciones iniciales, se toman las recomendaciones descritas en el Código ACI 318S-11, en la sección 21.6.1.1 y 21.6.1.2, las cuales establecen que:

- La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 300 mm.
- La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0,4.

Con la siguiente fórmula se calcula el valor de la carga última.

$$P_u = 1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}$$

Se consideró un cálculo para un carga última de aulas, pasillos y una de techo.

$$P_u \text{ aulas} = 1,2(300\text{kg/m}^2 \cdot 13,28\text{m}^2) + 1,6(200\text{kg/m}^2 \cdot 13,28\text{m}^2) = 9\,030,40\text{kg}$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los cálculos de las cargas últimas para aulas, pasillos, techo y la total.

Tabla III. **Cargas últimas**

	Carga viva (kg/m ²)	C.M (losa + S.C)	P.U	
Aulas	200,00	300,00	9 030,40	kg
Pasillos y escaleras	500,00	300,00	15 404,80	kg
Techo	200,00	300,00	9 030,40	kg
P.U total			33 465,60	kg

Fuente: elaboración propia.

El área tributaria más crítica es de 13,28 m².

$$P_u = \phi * 0,80 * [0,85 * f'_c * (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st}]$$

$$33465,60 = 0,70 * 0,80 * [0,85 * 280 * (A_g - 0,01 A_g) + 4200 * 0,01 A_g]$$

$$A_g = 215,26 \text{ cm}^2$$

La dimensión requerida de la columna es de 14,67 cm. ACI 318S-11 sección 21.6.1.2 establece que la sección mínima para una columna es de 30 cm. Se propone una sección de 40cmx40cm.

2.1.6.1.3. Losa

Por indicaciones de la Dirección Municipal de Planificación, el tipo de losa que se debe de utilizar, es losa prefabricada. En la sección correspondiente al diseño estructural se presentarán las dimensiones, peso y cargas correspondientes a este elemento estructural.

2.1.6.2. Integración de cargas

Las cargas que actúan sobre las estructuras pueden dividirse según su dirección de aplicación: cargas verticales y horizontales.

2.1.6.2.1 Cargas verticales

Toda estructura está sometida a cargas verticales, las cuales se clasifican en: cargas vivas y cargas muertas. Los valores de las cargas verticales que serán utilizadas para el diseño de esta estructura se detallan en la siguiente tabla.

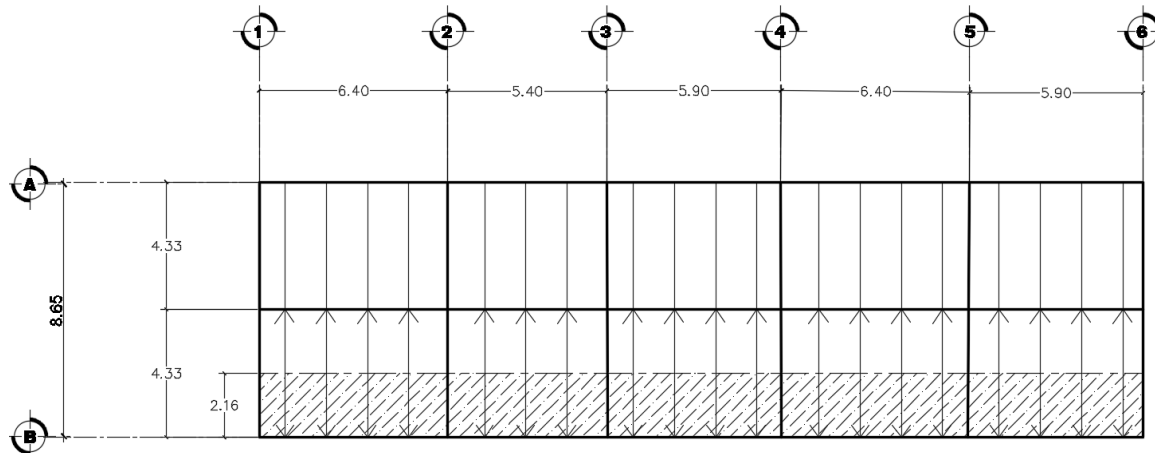
Tabla IV. **Cargas vivas y cargas muertas**

Carga viva (C.V)		Carga muerta (C.M)	
Pasillos y gradas	500 kg/m ²	W losa prefabricada	300 kg/m ²
Techo	100 kg/m ²	Sobre carga	100 kg/m ²
Aulas	200 kg/m ²	Peso del concreto	2 400 kg/m ³
Aulas con pasillos	350 kg/m ²	Muro	150 kg/m ²

Fuente: elaboración propia.

Los datos de las cargas anteriormente descritas fueron tomados del código AGIES, la tabla con dichas cargas se encuentra en el anexo 3.

Figura 4. **Planta área tributaria**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La figura 5 muestra una planta típica donde se indica el área ashurada la cual tributa al eje B. Las viguetas actúan en un solo sentido por lo que el área tributaria se calculó de la siguiente manera:

$$2,16 \cdot 30 = 64,78 \text{ m}^2$$

Bloque 2, eje B nivel 2:

Carga muerta:

$$\text{Carga muerta losa (C.M losa)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{C.M}_{\text{losa}} &= (W_{\text{losa prefabricada}} \cdot \text{Área tributaria}) / \text{Longitud}_{\text{bloque}} \\ &= (300 \text{ kg/m}^2 \cdot 64,78 \text{ m}^2) / 30 \text{ m} \\ &= 647,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C.M}_{\text{s.c}} &= (\text{C.M}_{\text{s.c}} \cdot \text{Área tributaria}) / \text{Longitud} = (100 \text{ kg/m}^2 \cdot 64,78 \text{ m}^2) / 30 \\ &= 215,93 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$C.M_{\text{vigas}} = (h_{\text{viga}} - t_{\text{espesor}}) * b_{\text{viga}} * f'c = (0,70\text{m} - 0,20\text{m}) * 0,35\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3 \\ = 420 \text{ kg/m}$$

$$C.M_{\text{eje 2, nivel 2}} = 647,80 + 215,93 + 420 = 1283,73 \text{ kg/m}$$

Carga viva:

$$C.V = (\text{Área tributaria} * \text{Valor de carga viva}) / \text{Longitud}$$

$$C.V_{\text{eje 2, nivel 2}} = (64,78\text{m}^2 * 100\text{kg/m}^2) / 30\text{m} = 215,93 \text{ kg/m}$$

Bloque 2, eje B nivel 1:

Se procede a calcular las cargas verticales correspondientes al nivel 1, del eje B y bloque 2

Carga muerta:

$$\text{Carga muerta Losa } (C.M_{\text{losa}}) = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$C.M_{\text{losa}} = (W_{\text{losa prefabricada}} * \text{Área tributaria}) / \text{Longitud}_{\text{bloque}} \\ = (300 \text{ kg/m}^2 * 64,78\text{m}^2) / 30\text{m} \\ = 647,8 \text{ kg/m}$$

$$C.M_{\text{s.c}} = (C.M_{\text{s.c}} * \text{Área tributaria}) / \text{Longitud} = (100 \text{ kg/m}^2 * 64,78\text{m}^2) / 30 \\ = 215,93 \text{ kg/m}$$

$$C.M_{\text{vigas}} = (h_{\text{viga}} - t_{\text{espesor}}) * b_{\text{viga}} * f'c = (0,70\text{m} - 0,20\text{m}) * 0,35\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3 \\ = 420 \text{ kg/m}$$

$$C.M_{\text{muros}} = (h_{\text{nivel}} - h_{\text{viga}}) * C.M_{\text{muros}} = (2,90\text{m}) * 150 \text{ kg/m}^2 = 435 \text{ kg/m}$$

$$C.M_{\text{eje 2, nivel 1}} = 647,80 + 215,93 + 420 + 435 = 1718,73 \text{ kg/m}$$

Carga Viva:

$$C.V = (\text{Área tributaria} * \text{Valor de carga viva}) / \text{Longitud}$$

$$C.V_{\text{eje2, nivel 1}} = (64,78\text{m}^2 * 500\text{kg/m}^2) / 30\text{m} = 1\,079,67 \text{ kg/m}$$

Bloque 2, eje 3 Nivel 2:

Se utiliza el mismo procedimiento anteriormente descrito para calcular la carga muerta y la carga viva en el eje 3, en los niveles 1 y 2. A continuación se muestran los resultados.

Nivel 2

$$C.M = 420 \text{ kg/m}$$

$$C.V = 0 \text{ kg/m}$$

Nivel 1

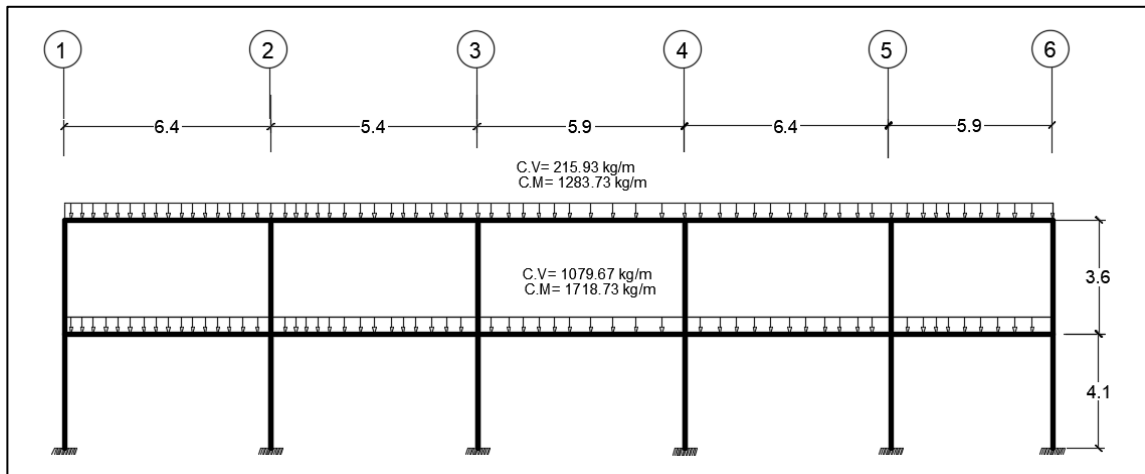
$$C.M = 855 \text{ kg/m}$$

$$C.V = 0 \text{ kg/m}$$

El valor de cero en las cargas vivas está dado por las cargas de las viguetas y bovedillas que actúan solo en un sentido. Dichas cargas actúan en un solo sentido ejerciendo carga solo sobre los ejes A y B. Los ejes 1,2,3,4,5 Y 6 no reciben cargas de las viguetas y bovedillas.

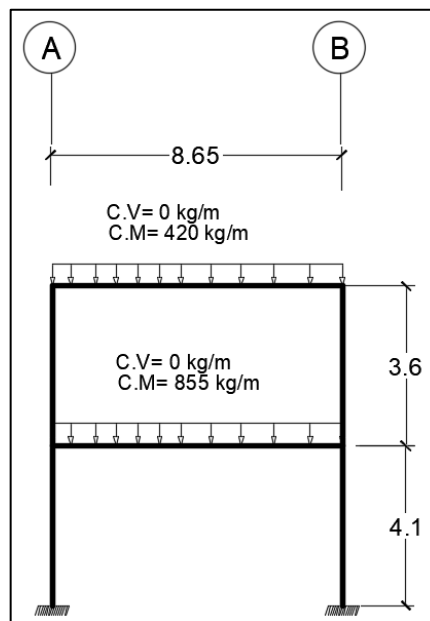
Los resultados de las cargas verticales en los sentidos X y Y, del primer y segundo nivel, se muestran en las siguientes figuras.

Figura 5. **Cargas verticales en el sentido X, en eje B bloque 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 6. **Cargas verticales en el sentido Y, eje 3 bloque 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.6.2.1. Cargas horizontales

Las fuerzas horizontales son aquellas fuerzas paralelas a la superficie terrestre. Estas fuerzas son producidas por sismos, vientos o impacto, siendo puramente dinámicas. El territorio de Guatemala se caracteriza por poseer un índice de sismicidad alto, por lo que es necesario considerar los efectos del sismo al momento de diseñar un edificio. Para el diseño se utilizó el método de carga sísmica según el AGIES, para determinar las fuerzas horizontales.

2.1.6.2.2. Peso propio de la estructura

Pesos del edificio por nivel (Bloque 2)

- Peso segundo nivel

Peso de la losa:

$$\begin{aligned} W_{\text{losa}} &= \text{peso losa prefabricada kg/m}^2 \cdot \text{Área (m}^2\text{)} \\ &= 300 \text{ kg/m}^2 \cdot 275,12 \text{ m}^2 = 82\,536 \text{ kg} \end{aligned}$$

Peso de vigas:

$$\begin{aligned} W_{\text{vigas}} &= ((h_{\text{viga}} \cdot b_{\text{viga}} \cdot \text{longitud vigas}) + (h_{\text{vigasec}} \cdot b_{\text{vigasec}} \cdot L)) \cdot 2\,400 \text{ kg/m}^3 \\ W_{\text{vigas}} &= ((0,70 \cdot 0,35 \cdot 111,9) + (0,25 \cdot 0,50 \cdot 30)) \cdot 2400 = 74\,797,20 \text{ kg} \end{aligned}$$

Peso de columnas (0,40*0,40m):

Se toma la mitad de la dimensión del 2do nivel para el peso del mismo.

$$W_{\text{columnas}} = (0,4*0,40)*\#col*2400*(h/2)$$

$$= 0,40*0,40*12*2400*1,8= 8\,294,40 \text{ kg}$$

Peso de muros:

$$W_{\text{muros}} = (\text{longitud en donde hay muros})*\text{carga muros}*(h/2)$$

$$= 136*1,80*150= 36\,720 \text{ kg}$$

Peso de sobre carga:

$$W_{\text{S.C}} = (\text{Área})*\text{Sobre carga}$$

$$= 275.12*100= 27\,512 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total segundo nivel} = 82\,536+74\,797,2+8\,294,4+36\,720+27\,512$$

$$= 229\,859,6 \text{ kg}$$

- Peso primer nivel

El peso de la losa, vigas y sobre carga del primer nivel se consideran iguales a las del segundo nivel.

Peso de la losa:

$$W_{\text{losa}} = \text{peso losa prefabricada kg/m}^2 * \text{Área (m}^2\text{)}$$

$$= 300 \text{ kg/m}^2 * 275,12 \text{ m}^2 = 82\,536 \text{ kg}$$

Peso de vigas:

$$W_{\text{vigas}} = ((h_{\text{viga}} * b_{\text{viga}} * \text{longitud vigas}) + (h_{\text{vigasec}} * b_{\text{vigasec}} * L)) * 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{vigas} = ((0,70*0,35*111,9) + (0,25*0,50*30))*2400=74\,797,20 \text{ kg}$$

Peso de columnas (0,40*0,40m):

Se toma la mitad de la dimensión del 2do nivel más la altura del primer nivel.

$$\begin{aligned} W_{columnas} &= (0,4*0,40)*\#col*2400*(6,20m) \\ &= 0,40*0,40*12*2400*6,20= 28\,569,60 \text{ kg} \end{aligned}$$

Peso de muros:

$$\begin{aligned} W_{muros} &= (\text{longitud en donde hay muros})*\text{carga muros}*(h) \\ &= 136*6,20*150= 126\,480 \text{ kg} \end{aligned}$$

Peso de sobre carga:

$$\begin{aligned} W_{S.C} &= (\text{Área})*\text{Sobre carga} \\ &= 275,12*100= 27\,512 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso total primer nivel} &= 82\,536+74\,797,2+28\,569,60+126\,480+27\,512 \\ &= 339\,894,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabla V. **Peso del bloque 2**

Segundo nivel	Elemento	Peso (kg)	Primer nivel	Elemento	Peso (kg)
	Losa	82536,00		Losa	82536,00
	Vigas	74797,20		Vigas	74797,20
	Columnas	8294,40		Columnas	28569,6
	Muros	36720,00		Muros	126480
	SC	27512,00		SC	27512,00
	W 2 nivel	229859,60		W 1 nivel	339894,80

Fuente: elaboración propia.

Según normas de diseño, se debe de incluir un 25 % del peso de la carga viva en ambos niveles, por razones de seguridad.

$$W_{\text{nivel2}} = 229859,625 + \%W_{c,v} = 229\,859,6 + (8,65 \cdot 30 \cdot 100) \cdot 0,25$$

$$= 236\,347,10 \text{ kg}$$

$$W_{\text{nivel1}} = 339\,894,8 + \%W_{c,v}$$

$$= 339\,894,8 + ((41,79 \cdot 500 \text{ kg/m}^2) + (217,71 \cdot 200 \text{ kg/m}^2)) \cdot 0,25$$

$$= 356\,004,05 \text{ kg}$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados del peso del bloque 2 con el factor de seguridad

Tabla VI. **Peso total del bloque 2**

Peso total del edificio	2 Nivel (kg)	236 347,10
	1 Nivel (kg)	356 004,05
	Total (kg)	592 351,15
	Total (Ton)	592,35

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2.3. Corte basal

Para el cálculo del corte basal, se usaron de referencia las normas de AGIES, *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala*. Todos los datos y formulas fueron verificadas con el fe de erratas mostrado en el anexo 4.

- Paso 1: clasificación de sitio

De acuerdo con la tabla *Guía para clasificación de suelos* mostrada en los anexos, se determina un suelo tipo D

- Paso 2: amenazas sísmicas, factores I_0 , S_{cr} , S_{1r}

Según el listado de amenazas sísmicas por municipio, mostrado en anexos, se obtienen los datos siguientes:

$$I_0 = 4,00$$

$$S_{cr} = 1,65g$$

$$S_{1r} = 0,60g$$

- Paso 3: período de vibración empírico (T_a)

Sistema Estructural: Sistema de marcos (E1)

De la sección 2.1.4.1. del NSE-3, se obtiene:

$$K_T = 0,047$$

$$x = 0,90$$

$$h_n = 8,00 \text{ m}$$

$$T_a = K_T \cdot (h_n)^x = 0,0047 \cdot 8^{0,90} = 0,31 \text{ seg}$$

La sección 2.1.3. del NSE-3 indica que si $T_a < 0,50$, se debe usar un $S_{cr} = 1,5 \text{ g}$.

El valor de T_a calculado es de 0,31 seg por lo que es valor a utilizar es:

$$S_{cr} = 1,5 \text{ g}$$

- Paso 4: coeficiente de sitio:

Clase de sitio: D

Tabla VII. **Coeficiente de sitio F_a**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	1.7	1.2	1.0	0.9	0.9
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: AGIES NSE 2-10. *Norma de seguridad estructural*. p. 15.

De la tabla 7 se obtiene:

$$F_a = 1,0$$

De la tabla 8 se obtiene:

$$F_v = 1,50$$

Tabla VIII. **Coeficiente de sitio Fv**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5
E	3.2	2.8	2.6	2.4	2.4
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: AGIES NSE 2-10. *Norma de seguridad estructural*. p. 15.

- Paso 5: fuente sísmica
 - Fuente sísmica: B
- Paso 6: ordenadas espectrales
 - Distancia horizontal a la falla: 15,0 km

Tabla IX. **Factor Na para períodos cortos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica (Nota 1)		
	≤ 2 km	5 km	≥10 km
A	1.25	1.12	1.0
B	1.12	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Nota 1: tomar la distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km
 Nota 2: utilizar el factor N_a que mayor haya salido al cotejar todas las fuentes relevantes

Fuente: AGIES NSE 2-10. *Norma de seguridad estructural*. p. 15.

Tabla X. **Factor N_v para períodos largos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica (Nota 1)			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.4	1.2	1.1	1.0
B	1.2	1.1	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0
Nota 1: tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km				
Nota 2: utilizar el factor N_v que mayor haya salido al cotejar todas las fuentes relevantes				

Fuente: AGIES NSE 2-10. *Norma de seguridad estructural*. p. 16.

De las tablas 9 y 10 se obtiene:

$$N_a = 1,00$$

$$N_v = 1,00$$

$$S_{cs} = S_{cr} \cdot F_a \cdot N_a = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 1,50$$

$$S_{1s} = S_{1r} \cdot F_v \cdot N_v = 0,60 \cdot 1,50 \cdot 1,00 = 0,9$$

- Paso 7: espectros al nivel de diseño:

Se considera, sismo severo con 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años.

$$K_d = 0,80$$

$$S_{cd} = K_d \cdot S_{cs} = 0,80 \cdot 1,50 = 1,20$$

$$S_{1d} = K_d \cdot S_{1s} = 0,80 \cdot 0,90 = 0,72$$

- Paso 8: período de transición:

$$T_s = S_{1d} / S_{cd} = 0,72/1,20 = 0,60 \text{ seg}$$

$$S_a(T) = S_{cd}; \text{ si } T_a \leq T_s$$

$$T_a = 0,31$$

$$T_s = 0,60$$

$$0,31 < 0,60$$

$$S_a(T) = S_{cd}$$

$$S_a(T) = 1,20 \text{ g}$$

- Paso 9: coeficiente sísmico

Se consideró un sistema estructural E1-A, de la tabla IX se obtiene el valor de R, el cual es un factor para el diseño de sistemas sismorresistentes.

Tabla XI. **Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismorresistentes**

	SISTEMA ESTRUCTURAL (sección 1.5)	Sistema Constructivo Véase Secc 1.5.8	R	Ω_r	C_d	Límite de altura en metros			
						Nivel de Protección			
						B	C	D	E
E1	SISTEMA DE MARCOS								
E1-A	Marcos tipo A	NSE 7.1	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
	De concreto reforzado De acero estructural	NSE 7.5	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
E1-B	Marcos tipo B	NSE 7.1	5	3	4.5	50	30	12	NP
	De concreto reforzado De acero estructural	NSE 7.5	4.5	3	4	50	30	12	NP
E1-C	Marcos tipo C	NSE 7.1	3	3	3	30	NP	NP	NP
	De concreto reforzado De acero estructural	NSE 7.5	3.5	3	2.5	30	NP	NP	NP
E2	SISTEMA DE CAJON								
	Con muros estructurales								
	De concreto reforzado A	NSE 7.1	5	2.5	5	SL	75	50	30
	De concreto reforzado B	NSE 7.1	4	2.5	4	50	50	30	NP
	De concreto reforzado BD	1.5.8	5	2.5	3	30	30	15	12
	De mampostería reforzada A	NSE 7.4	4	2.5	3	30	30	20	15
	Paneles de Concreto prefabricado	NSE 7.3	4	3	3.5	30	30	15	12
	Con paneles de madera	NSE 7.6	6	3	4	20	20	15	20

Fuente: AGIES NSE 2-10. *Norma de seguridad estructural*. p. 17.

De la tabla XI se obtiene un valor de $R=8$

Calculo del coeficiente sísmico al límite de cedencia C_s

$$C_s = S_a(T) / R = 1,20/8 = 0,15$$

$$C_s = 0,15$$

Valores mínimos de C_s :

Los valores de C_s deben cumplir con lo siguiente:

- $C_s \geq 0,044 * S_{cd}$
- $C_s \geq 0,5 * (S_{1r} / R)$
- $C_s \geq 0,044 * S_{cd}$

$$0,044 * S_{cd} = 0,044 * 1,2 = 0,05$$

$0,15 \geq 0,05$, si se cumple el primer chequeo de valor mínimo.

- $C_s \geq 0,5 * (S_{1r} / R)$

$$0,5 * (S_{1r} / R) = 0,5 * (0,60/8) = 0,04$$

$0,15 \geq 0,04$, si se cumple el segundo chequeo de valor mínimo.

- Paso 10: corte basal

Después de haber realizados los cálculos correspondientes se procede a calcular el corte basal, cuya fórmula es la siguiente:

$$V_B = C_s * W_s, \text{ donde:}$$

W_s = Peso del edificio o bloque

C_s = Coeficiente sísmico

$$V_B = 592,35 \text{ ton} * 0,15$$

$$V_B = 88,86 \text{ ton} = 88\,860 \text{ kg}$$

A continuación, se muestran los resultados del corte basal para el bloque 2.

Tabla XII. **Corte basal, bloque 2**

Bloque 2			
Corte Basal			
Coeficiente sísmico	Cs	0,15	
Peso del edificio	Ws	592,35	ton
$V_B = C_s * W_s$	VB	88,86	ton
	VB	88 860,00	kg

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2.4. Cálculo de fuerzas laterales

Se calculan las fuerzas laterales por cada nivel.

$$F_x = C_{vx} * V_B, \text{ donde:}$$

$$C_{vx} = (W_{\text{nivel}} * H_{\text{nivel}}) / (\sum W_{\text{nivel}} * H_{\text{nivel}})$$

Nivel 2:

$$W_{\text{nivel2}} = 236,35 \text{ ton}$$

$$H_x = 7,20 \text{ m}$$

$$W_{\text{nivel2}} * H_{\text{nivel2}} = 236,35 \text{ ton} * 7,20 \text{ m} = 1\,701,70 \text{ ton-m}$$

Nivel 1:

$$W_{\text{nivel1}}=356 \text{ ton}$$

$$H_x= 3,6\text{m}$$

$$W_{\text{nivel1}}*H_{\text{nivel1}}= 356 \text{ ton}*3,6\text{m}=1281,61 \text{ ton-m}$$

$$\Sigma W_{\text{nivel}}, H_{\text{nivel}}= 1701,70+1281,61= 2983,31 \text{ ton-m}$$

Nivel 2:

$$C_{vx2}= (W_{\text{nivel2}}*H_{\text{nivel2}})/ (\Sigma W_{\text{nivel}}.H_{\text{nivel}})$$

$$C_{vx2}= (1\,701,70 \text{ ton-m})/ (2\,983,31 \text{ ton-m}) = 0,57$$

Nivel 1:

$$C_{vx1}= (W_{\text{nivel1}}*H_{\text{nivel1}})/ (\Sigma W_{\text{nivel}}.H_{\text{nivel}})$$

$$C_{vx1}= (1\,281,61 \text{ ton-m})/ (2\,983,31 \text{ ton-m}) = 0,43$$

Cálculo de las fuerzas laterales por nivel

$$F_x= C_{vx}*V_B$$

Nivel 2:

$$F_{x2}= C_{vx2}*V_B= 0,57*88,86 \text{ ton}= 50,69 \text{ ton}$$

Nivel 1:

$$F_{x1}= C_{vx1}*V_B= 0,43*88,86 \text{ ton}= 38,17 \text{ ton}$$

En las siguientes tablas se muestra la repartición por nivel y las fuerzas laterales por cada eje. Los cálculos realizados corresponden al bloque 2. A continuación se muestran la tabla de resultados.

Tabla XIII. Fuerzas laterales bloque 2

Bloque 2								
	NIVEL	W (ton)	Hx (m)	WxH	Cvx	Fx (ton)	EJE x (ton)	EJE y (ton)
FUERZAS LATERALES	2	236.35	7.20	1701.70	0.57	50.69	25.34	8.45
	1	356.00	3.60	1281.61	0.43	38.17	19.09	6.36
	Total	592.35		2983.31		88.86		

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2.5. Cálculo del centro de masa

El centro de masa es un concepto muy importante cuando se diseñan estructuras, ya que de su situación dependerá de que éstas sean estables y no pierdan su posición de trabajo. En él suponemos que está concentrada toda la masa del objeto, pero sólo de forma teórica, ya que la masa de un objeto se encuentra repartida.

La posición del centro masa de un edificio depende de su forma y también de la distribución de masas en él.

Para calcular el centro de masa de una estructura se realizan el siguiente procedimiento:

Se calcula el centro de masa por nivel, uno en el sentido X y en el sentido Y.

Nivel 2:

Peso de la losa:

$$W_{C.M} = \text{Area (m}^2\text{)} * W_{\text{losa prefabricada (kg/m}^2\text{)}} = 25,49 * 300 = 7\,647 \text{ kg}$$

Peso sobrecarga:

$$W_{S.C} = \text{Área (m}^2\text{)} * W_{S.C \text{ (kg/m}^2\text{)}} = 25,49 * 100 = 2\,549 \text{ kg}$$

Peso de carga muerta:

$$W_{C.M} = W_{C.M} + W_{S.C} = 7647 + 2\,549 = 10\,196 \text{ kg}$$

Peso carga viva:

$$W_{C.V} = \text{Área (m}^2\text{)} * W_{C.V \text{ techo (kg/m}^2\text{)}} = 25,49 * 100 = 2\,549 \text{ kg}$$

Peso total:

$$W_{\text{total}} = W_{C.M} + W_{C.V} = 12\,745 \text{ kg}$$

Después de determinar el peso total que actúa sobre la losa, se determinan las longitudes en las que se encuentra el centro de masa de cada losa.

L_x = es la longitud medida al centro de la losa analizada, en el sentido X

L_y = es la longitud medida al centro de la losa analizada, en el sentido Y

$$L_x = 2,95 \text{ m}$$

$$L_y = 2,16 \text{ m}$$

Después de determinar las longitudes se calcula para cada losa:

$$W_{x\text{total}} * L_x = 12\,745 \text{ kg} * 2,95 \text{ m} = 37\,597,75 \text{ kg-m}$$

$$W_{ytotal} * L_y = 12\,745 \text{ kg} * 2,16\text{m} = 27\,529,20 \text{ kg-m}$$

$$\sum W_{xtotal} * L_x = 2\,042\,431 \text{ kg-m}$$

$$\sum W_{ytotal} * L_y = 606\,571,20 \text{ kg-m}$$

$$\sum W_{total} = 140\,410 \text{ kg}$$

Se calcula el centro de masa en el sentido X y en el sentido Y, por cada nivel.

$$C.M \text{ nivel } 2 (X) = \frac{\sum W_{xtotal} * L_x}{\sum W_{total}} = \frac{2\,042\,431 \text{ kg-m}}{140\,410 \text{ kg}} = 14,55 \text{ m}$$

$$C.M \text{ nivel } 2 (Y) = \frac{\sum W_{ytotal} * L_y}{\sum W_{total}} = \frac{606\,571,20 \text{ kg-m}}{140\,410 \text{ kg}} = 4,32 \text{ m}$$

Se realiza el mismo procedimiento para calcular los centros de masa para el nivel 1. Y de obtienen los siguientes resultados:

$$C.M \text{ nivel } 1 (X) = \frac{\sum W_{xtotal} * L_x}{\sum W_{total}} = \frac{4\,504\,242,90 \text{ kg-m}}{317\,463 \text{ kg}} = 14,19 \text{ m}$$

$$C.M \text{ nivel } 1 (Y) = \frac{\sum W_{ytotal} * L_y}{\sum W_{total}} = \frac{1\,387\,957,68 \text{ kg-m}}{317\,463 \text{ kg}} = 4,37 \text{ m}$$

En las siguientes tablas se detallan los resultados.

Tabla XIV. Cálculos centro de masa, nivel 2 bloque 2

	LOSA	ÁREA (m²)	W _{cm} Losa (kg)	W _{cm} SC (kg)	W _{CM} (kg)	W _{CV} (Kg)	W _{total} (kg)	Lx (m)	W _x total* Lx (Kg-m)	Ly (m)	W _y total* Ly (Kg-m)
SEGUNDO NIVEL SENTIDO X/Y	LA2-1	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	2549.00	12745.00	2.95	37597.75	2.16	27529.20
	LA2-2	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	2549.00	12745.00	2.95	37597.75	6.48	82587.60
	LA2-3	27.65	8295.00	2765.00	11060.00	2765.00	13825.00	9.10	125807.50	2.16	29862.00
	LA2-4	27.65	8295.00	2765.00	11060.00	2765.00	13825.00	9.10	125807.50	6.48	89586.00
	LA2-5	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	2549.00	12745.00	15.25	194361.25	2.16	27529.20
	LA2-6	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	2549.00	12745.00	15.25	194361.25	6.48	82587.60
	LA2-7	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	2549.00	12745.00	21.15	269556.75	2.16	27529.20
	LA2-8	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	2549.00	12745.00	21.15	269556.75	6.48	82587.60
	LA2-9	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	2549.00	12745.00	27.05	344752.25	2.16	27529.20
	LA2-10	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	2549.00	12745.00	27.05	344752.25	6.48	82587.60
Deposito							10800	9.1	98280.00	4.32	46656.00
TOTAL							140410.00		2042431.00		606571.20
CENTRO DE MASA NIVEL 2 (X) (m)								14.55			
CENTRO DE MASA NIVEL 2 (Y) (m)								4.32			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Cálculos centro de masa, nivel 1 bloque 2

	LOSA	ÁREA (m²)	W _{cm} Losa (kg)	W _{cm} SC (kg)	W _{CM} (kg)	W _{CV} (Kg)	W _{total} (kg)	Lx (m)	W _x total* Lx (Kg-m)	Ly (m)	W _y total* Ly (Kg-m)
PRIMER NIVEL SENTIDO X/Y	LA2-1	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	12745.00	22941.00	2.95	67675.95	2.16	49552.56
	LA2-2	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	12745.00	22941.00	2.95	67675.95	6.48	148657.68
	LA2-3	27.65	8295.00	2765.00	11060.00	13825.00	24885.00	9.10	226453.50	2.16	53751.60
	LA2-4	27.65	8295.00	2765.00	11060.00	13825.00	24885.00	9.10	226453.50	6.48	161254.80
	LA2-5	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	5098.00	15294.00	15.25	233233.50	2.16	33035.04
	LA2-6	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	8921.50	19117.50	15.25	291541.88	6.48	123881.40
	LA2-7	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	5098.00	15294.00	21.15	323468.10	2.16	33035.04
	LA2-8	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	8921.50	19117.50	21.15	404335.13	6.48	123881.40
	LA2-9	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	5098.00	15294.00	27.05	413702.70	2.16	33035.04
	LA2-10	25.49	7647.00	2549.00	10196.00	5098.00	15294.00	27.05	413702.70	6.48	99105.12
MUROS							122400.00	15	1836000.00	4.32	528768.00
TOTAL							317463.00		4504242.90		1387957.68
CENTRO DE MASA NIVEL 1 (X) (m)								14.19			
CENTRO DE MASA NIVEL 1 (Y) (m)								4.37			

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2.6. Cálculo del centro de rigidez

Nivel 2

El nivel 2 se supone en voladizo, por lo tanto, utilizaremos la expresión:

$$K_c = \frac{1}{\frac{F * H^3}{3 * E_c * I} + \frac{1.2 * F * H}{A * G}}$$

Donde:

- Kc= rigidez.
- F=fuerza de nivel.
- H= altura de la columna.
- I= inercia de sección $I = \frac{1}{12} * b * h^3$.
- Ec= módulo de elasticidad de concreto $E_c = 15100 * \sqrt{f'c}$ A= área de la sección.
- G= módulo de cortante donde $G = 0,4 * E_c$.

$$K_c = \frac{1}{\frac{50\,686,25 * 360^3}{3 * 252\,671,33 * 125\,052,08} + \frac{1,2 * 50\,686,25 * 360}{1\,225 * 101\,068,53}}$$

$$K_c = 0,040 \text{ cm}^{-1}$$

$$K_m = K_c * \# \text{col en el eje}$$

Tabla XVI. Centro de rigidez eje X, nivel 2

Segundo nivel sentido X	Marco	# Columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	Lacum. (m)	Km x L
	1	2	0,040	0,08	0	0,00
	2	2	0,040	0,08	5,9	0,47
	3	2	0,040	0,08	12,3	0,98
	4	2	0,040	0,08	18,2	1,45
	5	2	0,040	0,08	24,1	1,92
	6	2	0,040	0,08	30	2,39
	Total			0,48		7,20
	CR 2 nivel en X (m)			15,08		

Fuente: elaboración propia.

$$Crx = \sum \frac{(Km * L)}{km} = \frac{7,20}{0,48} = 15,08 \text{ m}$$

Tabla XVII. Centro de rigidez eje Y, nivel 2

Segundo nivel sentido Y	Marco	# Columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	Lacum. (m)	Km x L
	A	6	0,040	0,24	0,00	0,00
	B	6	0,040	0,24	8,65	2,07
	Total			0,48		2.07
	CR 2 nivel en Y (m)			4,33		

Fuente: elaboración propia.

$$Cry = \sum \frac{(Km * L)}{km} = \frac{2,07}{0,48} = 4,33 \text{ m}$$

Nivel 1:

El nivel 1 se considera como doblemente empotrado, por lo que se utiliza la expresión:

$$Kc = \frac{1}{\frac{F * H^3}{12 * Ec * I} + \frac{1,2 * F * H}{A * G}}$$

Donde:

- Kc= rigidez
- F=fuerza de nivel
- H= altura de la columna
- I= inercia de sección $I = \frac{1}{12} * b * h^3$

- E_c = módulo de elasticidad de concreto $E_c=15\ 100*\sqrt{f'c}$ A= área de la sección.
- G= módulo de cortante donde $G=0,4*E_c$.

$$K_c = \frac{1}{\frac{38\ 173,75 * 440^3}{12 * 252\ 671,33 * 125\ 052,08} + \frac{1.2 * 38\ 173,75 * 440}{1\ 225 * 101\ 068,53}}$$

$$K_c = 0,114\ \text{cm}^{-1}$$

$$K_m = K_c * \# \text{col en el eje}$$

Tabla XVIII. Centro de rigidez, eje x nivel 1

	Marco	# Columnas	$K_c\ (\text{cm}^{-1})$	$K_m\ (\text{cm}^{-1})$	Lacum. (m)	$K_m \times L$
Primer nivel sentido X	1	2	0,114	0,23	0	0,00
	2	2	0,114	0,23	5,9	1,35
	3	2	0,114	0,23	12,3	2,81
	4	2	0,114	0,23	18,2	4,17
	5	2	0,114	0,23	24,1	5,52
	6	2	0,114	0,23	30	6,87
	Total			1,37		20,71
	CR 1 nivel en X (m)			15,08		

Fuente: elaboración propia.

$$C_{rx} = \sum \frac{(K_m * L)}{k_m} = \frac{20.71}{1.37} = 15.08\ m$$

Tabla XIX. Centro de rigidez, eje Y nivel 1

Primer nivel sentido Y	Marco	# Columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	Lacum. (m)	Km x L
	A	6	0,114	0,69	0,00	0,00
	B	6	0,114	0,69	8,65	5,94
	Total			1,37		5.94
	CR 1 nivel en Y (m)			4,33		

Fuente: elaboración propia.

$$C_{ry} = \sum \frac{(Km * L)}{km} = \frac{5,94}{1,37} = 4,33 \text{ m}$$

Tabla XX. Resumen centro de rigidez, nivel 1 y 2, bloque 2

Resumen centro de rigidez por nivel, bloque 2		
Nivel	Eje X (m)	Eje Y (m)
2	15,08	4,33
1	15,08	4,33

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2.7. Cálculo de excentricidad

La excentricidad es la distancia que existe entre el centro de masa y el centro de rigidez. Se calculan las excentricidades por nivel y por eje.

Nivel 2:

$$e_x = | C.M - C. R | = | 14,55 - 15,08 | = 0,54$$

$$e_y = | C.M - C. R | = | 4,32 - 4,33 | = 0,01$$

Nivel 1:

$$e_x = |C.M - C. R| = |14,19 - 15,08| = 0,90$$

$$e_y = |C.M - C. R| = |4,37 - 4,33| = 0,04$$

Para el diseño estructural se utiliza una excentricidad de diseño y no la real o directa, cuya fórmula es:

$$e_{1x,y} = e_x + 0,05 \times b$$

$$e_{2x,y} = e_x - 0,05 \times b$$

A continuación, se detallan los cálculos de las excentricidades para los niveles 1 y 2.

Nivel 2:

$$e_{1x} = 0,54 + 0,05 \times 30 = 2,04 \text{ m}$$

$$e_{2x} = 0,54 - 0,05 \times 30 = -0,96 \text{ m}$$

$$e_{1y} = 0,01 + 0,05 \times 8,65 = 0,44 \text{ m}$$

$$e_{2y} = 0,01 - 0,05 \times 8,65 = -0,42 \text{ m}$$

Nivel 1:

$$e_{1x} = 0,90 + 0,05 \times 30 = 2,40 \text{ m}$$

$$e_{2x} = 0,90 - 0,05 \times 30 = -0,60 \text{ m}$$

$$e_{1y} = 0,05 + 0,05 \times 8,65 = 0,48 \text{ m}$$

$$e_{2y} = 0,05 - 0,05 \times 8,65 = -0,39 \text{ m}$$

2.1.6.2.8. Distribución de las fuerzas laterales

En el análisis simple, la fuerza que llega a cada marco se determina por medio de la suma algebraica de la fuerza de corte por sismo (V_s) y la fuerza de corte por torsión (V_t).

$$V_T = V_s + V_t$$

Se realizarán los cálculos de los ejes más críticos del bloque 2. En el sentido X, el eje analizado será el eje 3 y en el sentido Y, se hará el análisis del eje B.

A continuación, se harán los cálculos de los ejes 3 y B, considerando las cargas para los niveles 1 y 2.

Eje 3, sentido X

Nivel 2:

La fuerza de corte por sismo en marco se define por:

$$V_s = \frac{K_m * F_{xi}}{\sum k_{mi}}$$

K_m = es la rigidez del marco que se está analizando.

$\sum K_m$ = rigidez total del nivel

F_i = fuerza por nivel

$$V_s = \frac{0,08 * 50\,686,25}{0,48} = 8\,447,71 \text{ kg}$$

La fuerza de corte por torsión en marco se define por:

$$V_t = \frac{e_{1,2} * F_x * K_m * d_i}{\sum K_m d_i^2}$$

$$V_{t1x} = \frac{2,04 * 50686,25 * -0,21}{50,40} = -440,32 \text{ kg}$$

$$V_{t2x} = \frac{-0,96 * 50686,25 * -0,21}{50,40} = 208,12 \text{ kg}$$

$$V_{1T} = V_s + V_t = 8447,71 + (-440,32) = 8007,39 \text{ kg}$$

$$V_{2T} = V_s + V_t = 8447,71 + 208,12 = 8655,83 \text{ kg}$$

La fuerza lateral que se utilizará por marco es la mayor de las dos cargas, en este caso se toma la carga $V_{2T} = 8655,83 \text{ kg}$.

Eje 3, sentido X

Nivel 1:

La fuerza de corte por sismo en marco se define por:

$$V_s = \frac{K_m * F_{xi}}{\sum k_{mi}}$$

K_m = es la rigidez del marco que se está analizando

$\sum K_m$ = rigidez total del nivel

F_i = fuerza por nivel

$$V_s = \frac{0,23 * 38173,75}{1,37} = 6362,29 \text{ kg}$$

La fuerza de corte por torsión en marco se define por:

$$V_t = \frac{e_{1,2} * F_x * K_m * d_i}{\sum K_m d_i^2}$$

$$V_{t1x} = \frac{2,40 * 38\,173,75 * -0,62}{144,90} = -389,89 \text{ kg}$$

$$V_{t2x} = \frac{-0,60 * 38\,173,75 * -0,62}{144,90} = 98,47 \text{ kg}$$

$$V_{1T} = V_s + V_t = 6362,29 + (-389,89) = 5972,40 \text{ kg}$$

$$V_{2T} = V_s + V_t = 6362,29 + (98,47) = 6460,76 \text{ kg}$$

La fuerza lateral que se utilizará por marco es la mayor de las dos cargas, en este caso se toma la carga $V_{2T} = 6460,76 \text{ kg}$.

Eje B, sentido Y

Nivel 2:

La fuerza de corte por sismo en marco se define por:

$$V_s = \frac{K_m * F_{xi}}{\sum k_{mi}}$$

$$V_s = \frac{0,24 * 50\,686,25}{0,48} = 25\,343,12 \text{ kg}$$

La fuerza de corte por torsión en marco se define por:

$$V_t = \frac{e_{1,2} * F_x * K_m * d_i}{\sum K_m d_i^2}$$

$$V_{t1x} = \frac{0,44 * 50\,686,25 * 1,03}{8,91} = 2\,595,91 \text{ kg}$$

$$V_{t2x} = \frac{-0,42 * 50\,686,25 * 1,03}{8,91} = -2\,478,58 \text{ kg}$$

$$V_{1T} = V_s + V_t = 25\,343,12 + (2\,595,91) = 27\,939,04 \text{ kg}$$

$$V_{2T} = V_s + V_t = 25\,343,12 + (-2\,478,58) = 22\,864,54 \text{ kg}$$

La fuerza lateral que se utilizará por marco es la mayor de las dos cargas, en este caso se toma la carga $V_{1T} = 27\,939,04 \text{ kg}$.

Eje B, sentido Y

Nivel 1:

La fuerza de corte por sismo en marco se define por:

$$V_s = \frac{K_m * F_{xi}}{\sum k_{mi}}$$

$$V_s = \frac{0,69 * 38\,173,75}{1,37} = 19\,086,88 \text{ kg}$$

La fuerza de corte por torsión en marco se define por:

$$V_t = \frac{e_{1,2} * F_x * K_m * d_i}{\sum K_m d_i^2}$$

$$V_{t1x} = \frac{0,48 * 38\,173,75 * 2,97}{25,63} = 2\,118,69 \text{ kg}$$

$$V_{t2x} = \frac{-0,39 * 38\,173,75 * 2,97}{25,63} = -1\,703,11 \text{ kg}$$

$$V_{1T} = V_s + V_t = 19086,88 + (2118,69) = 21\,205,56 \text{ kg}$$

$$V_{2T} = V_s + V_t = 19086,88 + (-1703,11) = 17383,77 \text{ kg}$$

La fuerza lateral que se utilizará por marco es la mayor de las dos cargas, en este caso se toma la carga $V_{1T} = 21\,205,56 \text{ kg}$.

A continuación, se muestran los resultados de las cargas laterales.

Bloque 2:

Tabla XXI. Fuerza lateral, bloque 2, nivel 2, sentido X

SEGUNDO NIVEL SENTIDO X	EJE	e (m)		F _x (kg)	K _m	d _i	K _m × F _x	K _m × d _i	K _m × d _i ²	V _s	V _t	V _T	V _{T a usar}
	A	e _{1x}	2.04	50686.25	0.08	-15	4034.81	-1.19	17.91	8447.71	-2446.22	6001.49	9603.92
		e _{2x}	-0.96								1156.21	9603.92	
	B	e _{1x}	2.04	50686.25	0.08	-9.1	4034.81	-0.72	6.59	8447.71	-1484.04	6963.67	9149.14
		e _{2x}	-0.96								701.44	9149.14	
	C	e _{1x}	2.04	50686.25	0.08	-2.7	4034.81	-0.21	0.58	8447.71	-440.32	8007.39	8655.83
		e _{2x}	-0.96								208.12	8655.83	
	D	e _{1x}	2.04	50686.25	0.08	3.2	4034.81	0.25	0.82	8447.71	521.86	8969.57	8969.57
		e _{2x}	-0.96								-246.66	8201.05	
	E	e _{1x}	2.04	50686.25	0.08	9.1	4034.81	0.72	6.59	8447.71	1484.04	9931.75	9931.75
		e _{2x}	-0.96								-701.44	7746.27	
	F	e _{1x}	2.04	50686.25	0.08	15	4034.81	1.19	17.91	8447.71	2446.22	10893.93	10893.93
e _{2x}		-0.96	-1156.21								7291.50		
TOTAL				0.48				50.40					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Fuerza lateral, bloque 2, nivel 2, sentido Y**

SEGUNDO NIVEL SENTIDO Y	EJE	e (m)		F _x (kg)	K _m	d _i	K _m × F _x	K _m × d _i	K _m × d ²	V _s	V _t	V _T	V _T a usar
	1	e _{1y}	0.44	50686.25	0.24	-4.32	12104.42	-1.03	4.46	25343.12	-2595.91	22747.21	27821.71
		e _{2y}	-0.42								2478.58	27821.71	
	2	e _{1y}	0.44	50686.25	0.24	4.32	12104.42	1.03	4.46	25343.12	2595.91	27939.04	27939.04
		e _{2y}	-0.42								-2478.58	22864.54	
	TOTAL				0.48				8.91				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Fuerza lateral, bloque 2, nivel 1, sentido X**

PRIMER NIVEL SENTIDO X	EJE	e (m)		F _x (kg)	K _m	d _i	K _m × F _x	K _m × d _i	K _m × d _i ²	V _s	V _t	V _T	V _T a usar
	A	e _{1x}	2.40	38173.75	0.23	-15	8736.42	-3.43	51.49	6362.29	-2166.06	4196.23	6909.36
		e _{2x}	-0.60								547.07	6909.36	
	B	e _{1x}	2.40	38173.75	0.23	-9.1	8736.42	-2.08	18.95	6362.29	-1314.08	5048.21	6694.18
		e _{2x}	-0.60								331.89	6694.18	
	C	e _{1x}	2.40	38173.75	0.23	-2.7	8736.42	-0.62	1.67	6362.29	-389.89	5972.40	6460.76
		e _{2x}	-0.60								98.47	6460.76	
	D	e _{1x}	2.40	38173.75	0.23	3.2	8736.42	0.73	2.34	6362.29	462.09	6824.38	6824.38
		e _{2x}	-0.60								-116.71	6245.58	
	E	e _{1x}	2.40	38173.75	0.23	9.1	8736.42	2.08	18.95	6362.29	1314.08	7676.37	7676.37
		e _{2x}	-0.60								-331.89	6030.40	
	F	e _{1x}	2.40	38173.75	0.23	15	8736.42	3.43	51.49	6362.29	2166.06	8528.35	8528.35
		e _{2x}	-0.60								-547.07	5815.22	
TOTAL					1.37				144.90				

Fuente: elaboración propia.

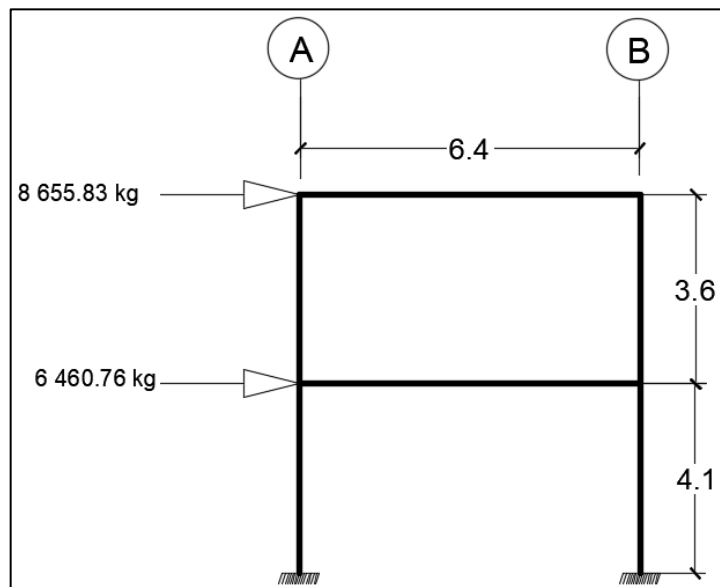
Tabla XXIV. **Fuerza lateral, bloque 2, Nivel 1, sentido Y**

PRIMER NIVEL SENTIDO Y	EJE	e (m)		F _x (kg)	K _m	d _i	K _m × F _x	K _m × d _i	K _m × d _i ²	V _s	V _t	V _T	V _T a usar
	1	e _{1y}	0.48	38173.75	0.69	-4.32	26209.25	-2.97	12.81	19086.88	-2118.69	16968.19	20789.98
		e _{2y}	-0.39								1703.11	20789.98	
	2	e _{1y}	0.48	38173.75	0.69	4.32	26209.25	2.97	12.81	19086.88	2118.69	21205.56	21205.56
		e _{2y}	-0.39								-1703.11	17383.77	
	TOTAL				1.37				25.63				

Fuente: elaboración propia.

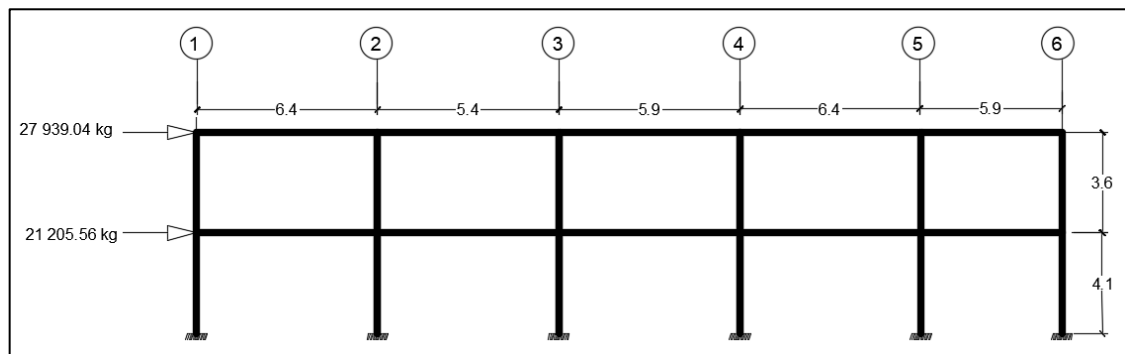
A continuación, se muestran los diagramas de las cargas laterales para los marcos 3 y B, del bloque.

Figura 7. **Cargas laterales del marco 3**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 8. **Cargas laterales del marco B**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.6.2.9. Análisis de marcos por el método de Kani

El método de Kani es un método exacto, el cual permite analizar vigas y marcos, usando la distribución de momentos. La distribución de momentos es un método de aproximaciones sucesivas que pueden llevarse a cualquier grado de exactitud deseada. Esencialmente, el método comienza suponiendo que cada nudo de la estructura está fijo. Los momentos internos en los nudos se distribuyen y balancean hasta que estos han girado hasta alcanzar sus posiciones finales o casi finales.

A continuación, se detalla el procedimiento del método de Kani.

- Cálculo de las inercias para cada elemento

$$I_{cols} (cm^4) = \frac{b * h^3}{12}$$
$$I_{vigas} (cm^4) = \frac{b * h^3}{12}$$

- Cálculo de rigideces de los elementos

$$K = \frac{I}{L}$$

- Factores de distribución

$$U_{ik} = \left(-\frac{1}{2}\right) * \frac{k_i}{\sum k_i}$$

La sumatoria de los factores de distribución o de giro de un nodo deben sumar -0,5.

- Momentos de empotramiento o momentos fijos

$$MF = \pm \frac{W * L^2}{12}, \text{ para cargas distribuidas}$$

$$MF = \pm \frac{W * L^2}{2}, \text{ para voladizos}$$

$$MF = \pm P * L, \text{ para carga puntuales}$$

- Fuerzas cortantes en piso

Q_2 = Fuerza cortante nivel 2

Q_1 = Fuerza cortante nivel 1 +Fuerza cortante nivel 2

- Momentos de piso

M_2 = momento de piso nivel 2

M_1 = momento de piso nivel 1

$$M_2 = \frac{h \text{ nivel } 2 * Q_2}{3}$$

$$M_1 = \frac{h \text{ nivel } 1 * Q_1}{3}$$

- Factor de corrimiento

$$V = \left(-\frac{3}{2}\right) * \frac{ki}{\sum ki}, \text{ de cada nivel}$$

La suma de los factores de corrimiento por nivel debe ser de -1,50.

- Cálculo de momentos finales

Cuando se consideran las cargas de sismo se utiliza las siguientes fórmulas:

Columnas:

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$$

Vigas:

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

Cuando no se considera el ladeo, se utilizan las siguientes fórmulas:

Columnas:

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

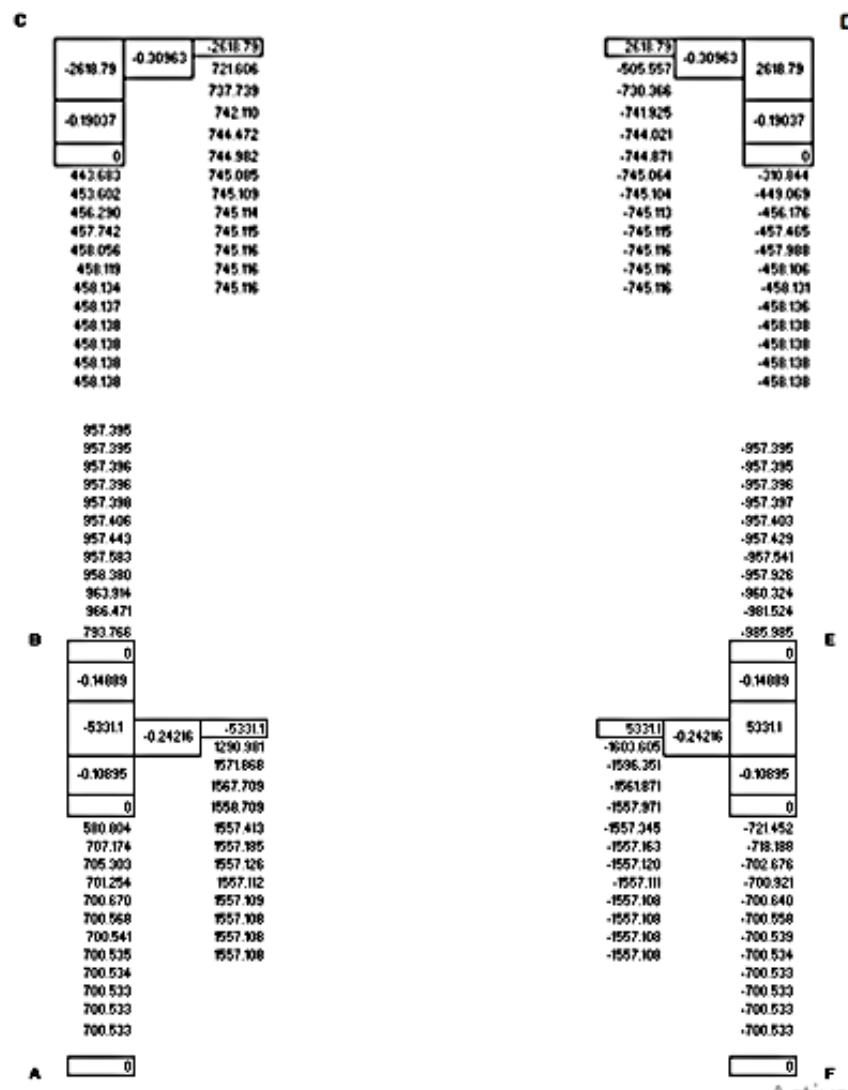
Vigas:

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

Para realizar las iteraciones se debe adoptar una secuencia de recorrido de los nodos. Luego se deben aplicar las ecuación de las iteraciones a cada nudo y escribir en el diagrama los resultados que constituyen para ese ciclo los valores de M_{ik} . Dichos valores se convierten en M'_{ik} al pasar al nudo opuesto. Se realiza el procedimiento en todos los nodos y se concluye un ciclo, luego se repite el ciclo hasta obtener la convergencia con la exactitud deseada en todos los nudos.

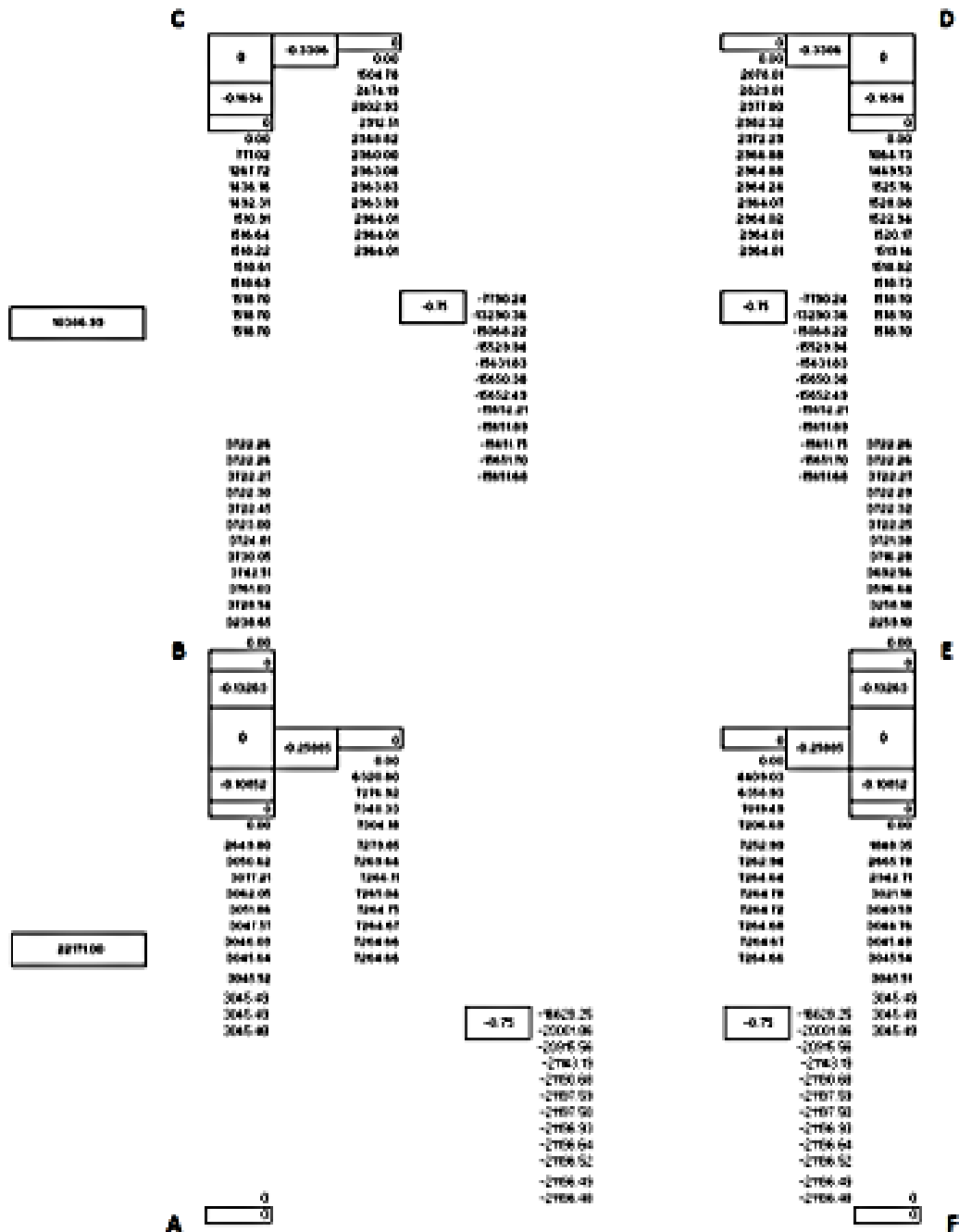
A continuación, se muestran los resultados del método de Kanni.

Figura 9. Resultados del método de Kanni para carga muerta, eje 3, bloque 2



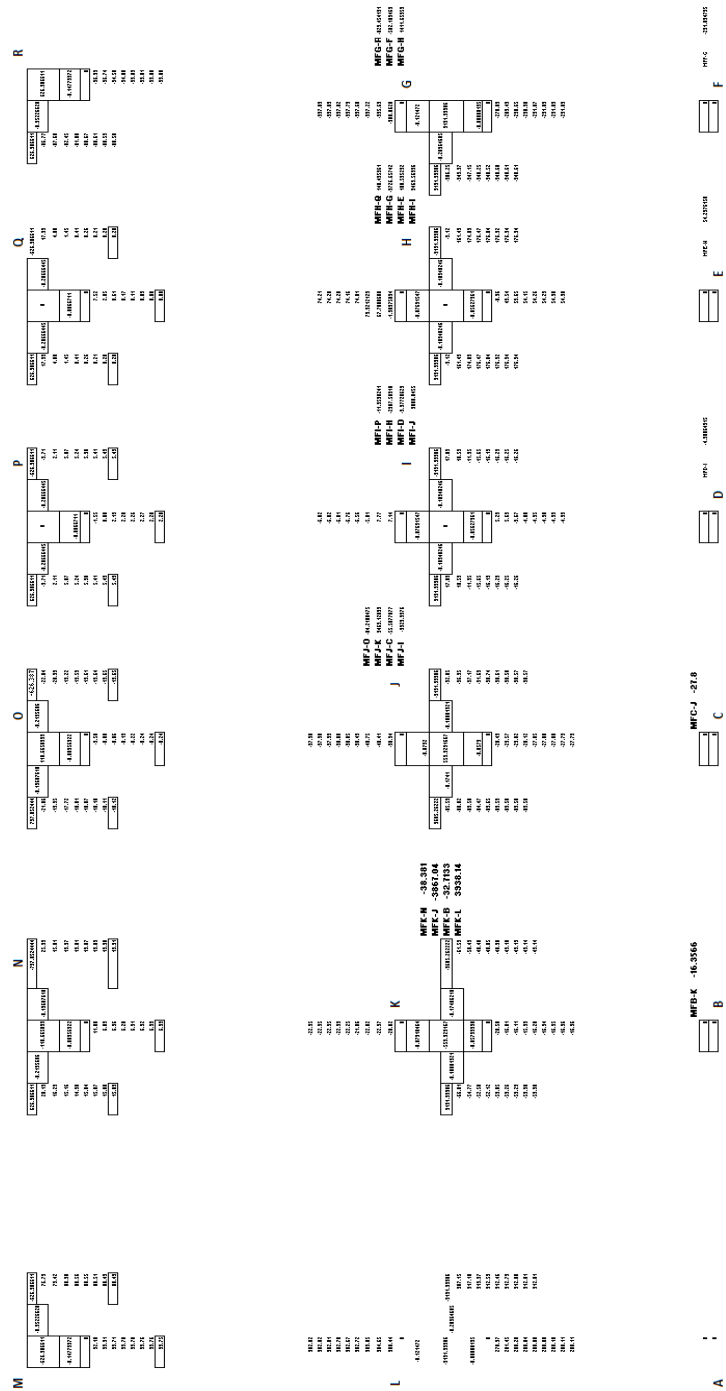
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 10. **Resultados Kanni, carga de sismo, eje 3, bloque 2**



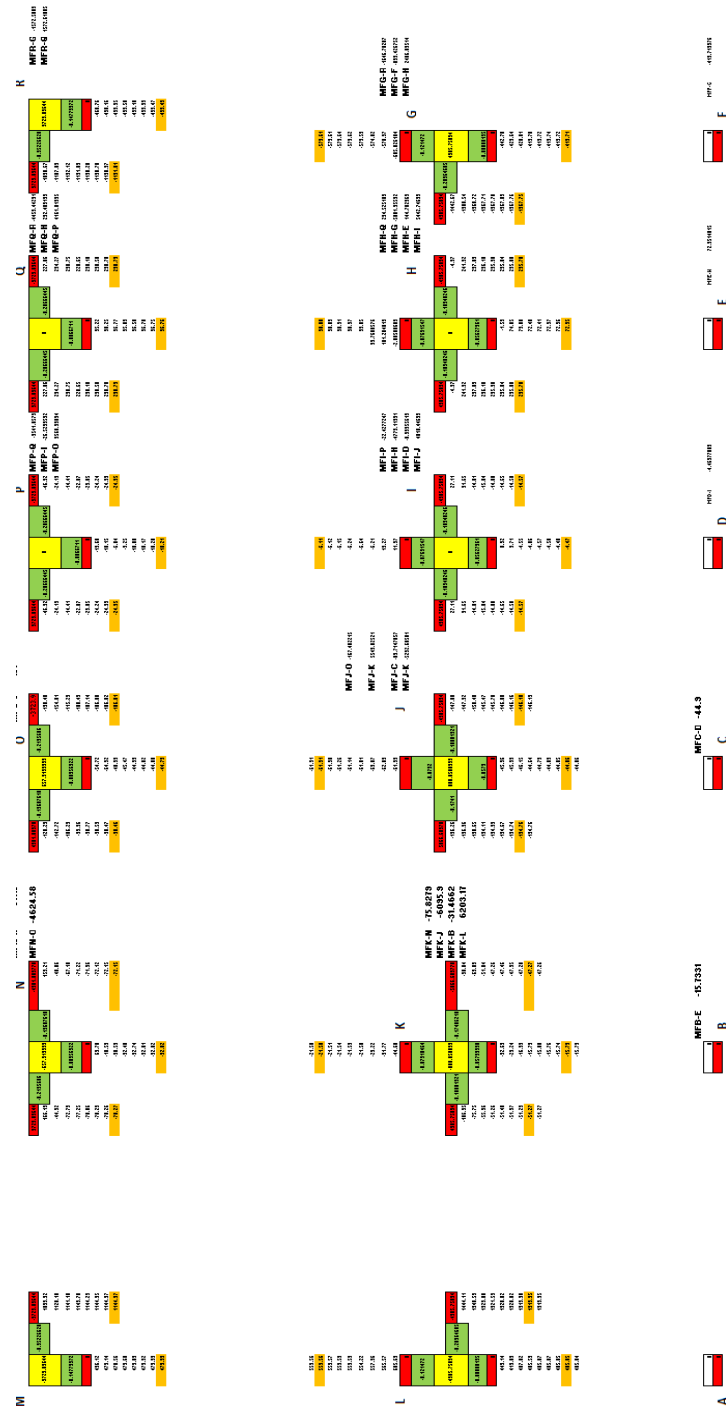
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 11. Resultados Kanni, carga de viva, eje B, bloque 2



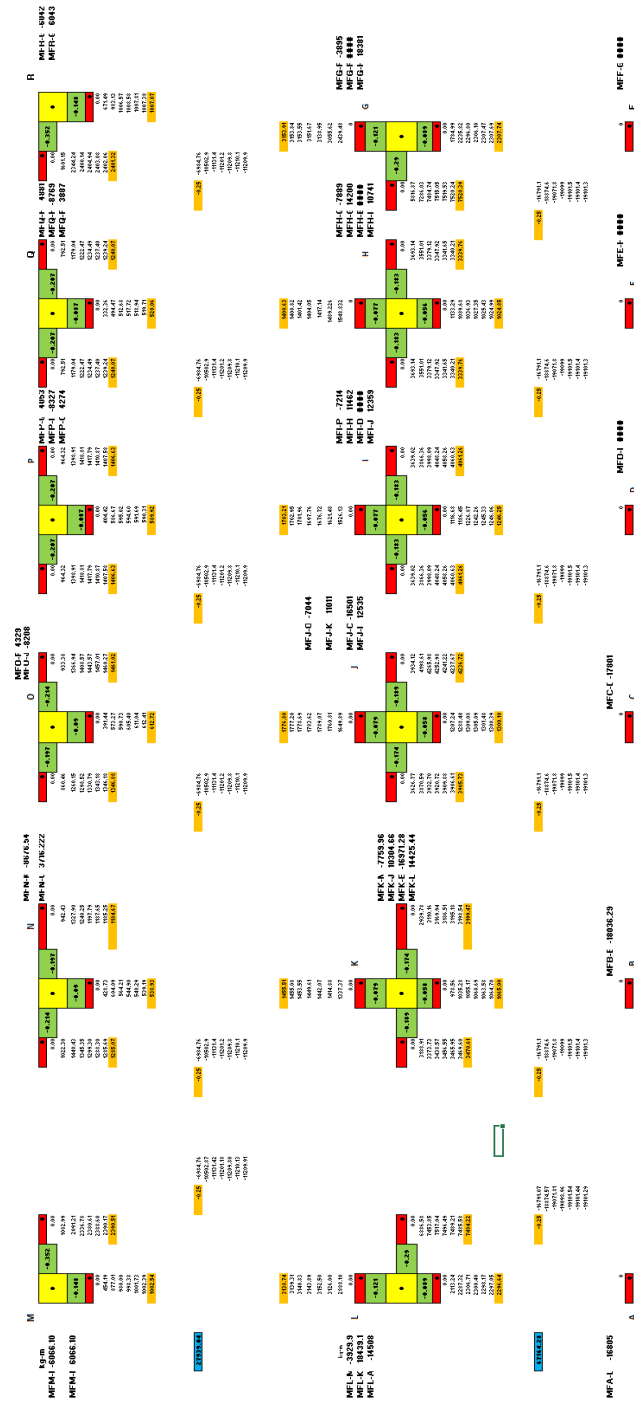
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 12. Resultados Kanni, carga muerta, eje B, bloque 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 13. Resultados Kanni, carga de sismo, eje B, bloque 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

A continuación, se muestran los momentos finales obtenidos por el método de Kani de los ejes más críticos de todos los bloques, para carga viva, carga muerta y carga de sismo.

Bloque 2: Eje 3

Tabla XXV. **Momentos finales (kg-m), carga muerta, eje 3, bloque 2**

C-D	M (+)	D-C	D-D'
-1 873,672	2 054,5096	1 873,672	
B-E	M (+)	E-B	E-E'
-3 773,995	4 222,6594	3 773,995	0,000
C-B	1 873,672	D-E	-1 873,672
B-C	2 372,929	E-D	-2 372,929
B-A	1 401,066	E-F	-1 401,066
A-B	700,533	F-E	-700,533

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Momentos finales (kg-m), carga de sismo, eje 3, bloque 2**

C-D		D-C	
8 892,033		8 892,032	
B-E		E-B	
21 793,983		21 793,990	
C-B	-8 892,027	D-E	-8 892,016
B-C	-6 688,465	E-D	-6 688,441
B-A	-15 105,509	E-F	-15 105,504
A-B	-18 150,995	F-E	-18 150,992

Fuente: elaboración propia.

Bloque 2: Eje B

Tabla XXVII. **Momentos finales (kg-m), carga viva, eje B, bloque 2**

M-N	M+	N-M	N-O	M+	O-N	O-P	M+	P-O	P-Q	M+	Q-P	Q-R	M+	R-Q
-450.325	345.893575	737.048	-727.351	384.538	714.730	-660.259	300.65389	617.593	-615.333	315.809213	632.208	-706.576817	353.583406	465.416203
L-K	M+	K-L	K-J	M+	J-K	J-I	M+	I-J	I-H	M+	H-I	H-G	M+	G-H
-1359.614	2049.02333	3938.139	-3867.037	1859.811	3469.128	-3329.338	1528.80803	3008.846	-2987.503	1469.36631	3469.563	-3726.65742	2128.74408	1411.65359
M-L	450.325	N-K	-9.700	O-J	-54.467	P-I	-2.265	Q-H	74.372	R-G	-465.420			
L-M	799.386	K-N	-38.381	J-O	-84.211	I-P	-11.359	H-Q	148.496	G-R	-829.454			
L-A	560.218	K-B	-32.713	J-C	-55.588	I-D	-9.977	H-E	108.595	G-F	-582.189			
A-L	280.109	B-K	-16.357	C-J	-27.794	D-I	-4.989	E-H	54.298	F-G	-291.095			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Momentos finales (kg-m), carga muerta, eje B, bloque 2**

M-N	M+	N-M	N-O	M+	O-N	O-P	M+	P-O	P-Q	M+	Q-P	Q-R	M+	R-Q
-1513.419	2473.2685	4711.733	-4624.577	2204.059	4112.735	-3961.853	1820.71878	3568.399	-3541.857	1734.40934	4161.013	-4453.44231	2572.81849	1572.61005
L-K	M+	K-L	K-J	M+	J-K	J-I	M+	I-J	I-H	M+	H-I	H-G	M+	G-H
-2397.123	3178.49138	6203.171	-6095.900	2977.052	5549.825	-5292.685	2427.07245	4810.447	-4779.114	2367.70797	5442.747	-5881.95532	3294.64319	2486.03514
M-L	1513.419	N-K	-87.150	O-J	-150.889	P-I	-26.529	Q-H	292.409	R-G	-1572.581			
L-M	1587.054	K-N	-75.828	J-O	-167.402	I-P	-22.428	H-Q	294.525	G-R	-1646.703			
L-A	810.092	K-B	-31.466	J-C	-89.715	I-D	-8.940	H-E	144.703	G-F	-839.427			
A-L	405.046	B-K	-15.733	C-J	-44.857	D-I	-4.470	E-H	72.351	F-G	-419.713			

Fuente: elaboración propia.

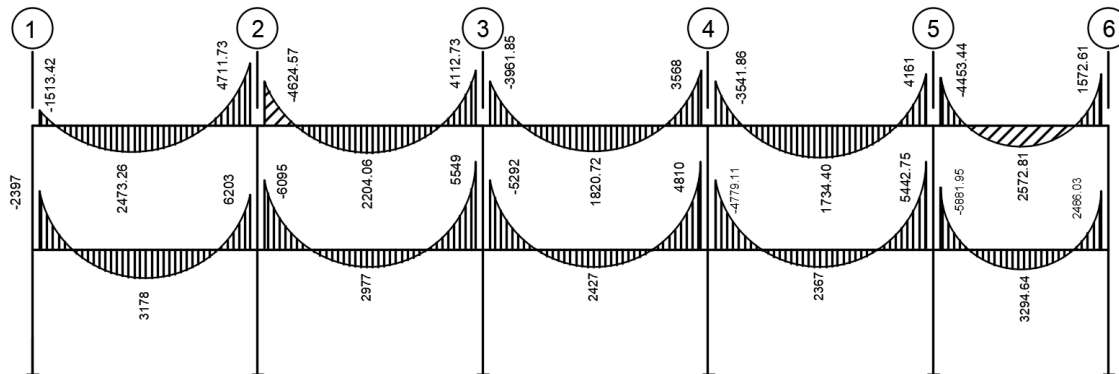
Tabla XXIX. **Momentos finales (kg-m), carga de sismo, eje B, bloque 2**

M-N	M+	N-M	N-O	M+	O-N	O-P	M+	P-O	P-Q	M+	Q-P	Q-R	M+	R-Q
6066.098		4960.654	3716.222		3878.424	4328.668		4274.285	4053.334		3886.766	4881.44885		6042.69909
L-K	M+	K-L	K-J	M+	J-K	J-I	M+	I-J	I-H	M+	H-I	H-G	M+	G-H
18439.059		14425.443	10304.663		11010.924	12534.700		12359.234	11462.270		10740.770	14199.9031		18380.535
M-L	-6066.098	N-K	-8676.536	O-J	-8207.665	P-I	-8326.867	Q-H	-8769.160	R-G	-6041.871			
L-M	-3929.894	K-N	-7759.963	J-O	-7043.588	I-P	-7213.569	H-Q	-7888.590	G-R	-3895.030			
L-A	-14508.013	K-B	-16971.281	J-C	-16501.096	I-D	-16608.784	H-E	-17051.589	G-F	-14485.818			
A-L	-16804.652	B-K	-18036.286	C-J	-17801.194	D-I	-17855.038	E-H	-18076.440	F-G	-16793.555			

Fuente: elaboración propia.

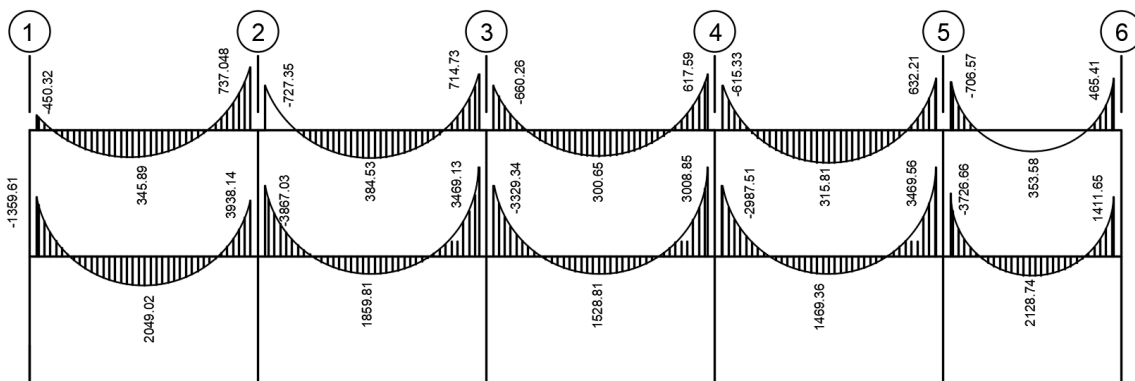
A continuación, se muestran los diagramas de momento para carga viva y muerta, para las columnas y vigas. Eje analizado, eje B

Figura 14. Diagrama de momento de carga muerta en vigas, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2



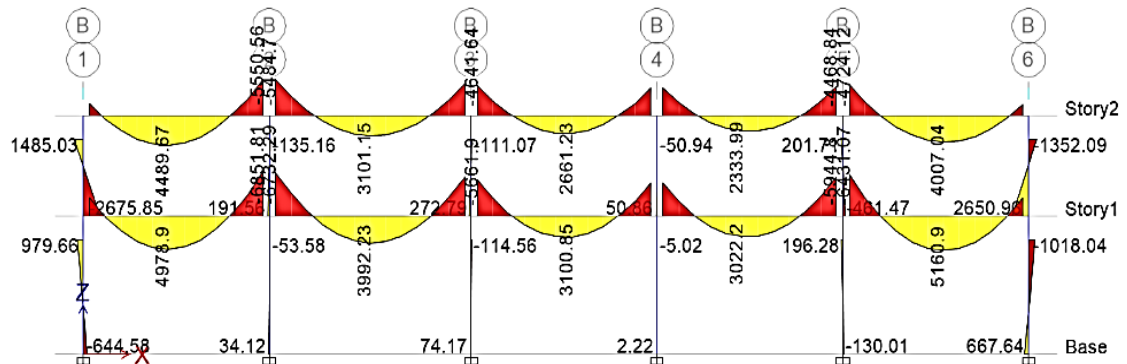
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 15. Diagrama de momento de carga viva en vigas, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2



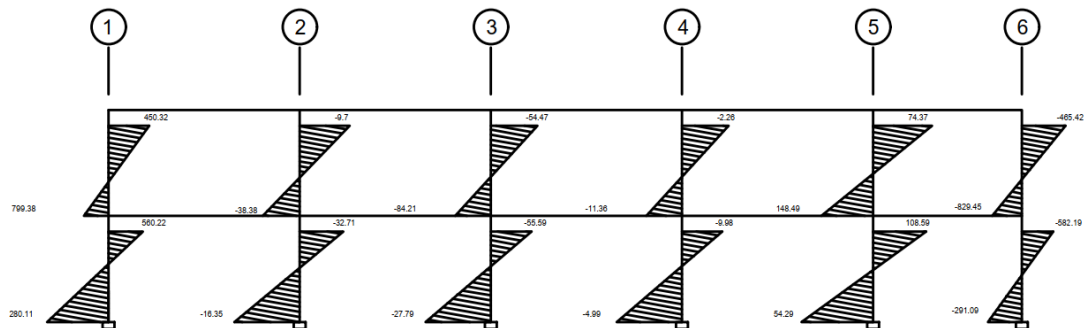
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 16. Diagrama de momento de carga muerta, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2



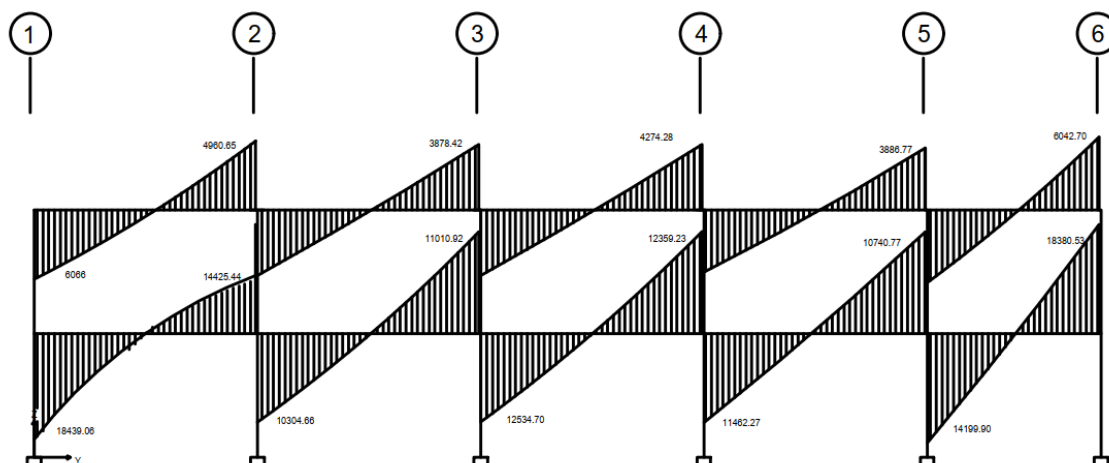
Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 2013.

Figura 17. Diagrama de momento de carga viva en columnas, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 18. Diagrama de momento en vigas, carga de sismo, marco B en el sentido X (kg-m), bloque 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla XXX. Comparación de resultados entre método de Kanni con Etabs

Carga	Tramo	Método de Kanni		Etabs		% de error
	Viga	M. izq (kg m)	M. der (kg m)	M. izq (kg m)	M. der (kg m)	
Carga muerta 2ndo nivel	1-2	-1 513,42	4 711,73	1 802,41	-5 550,56	16 %
	2-3	-4 624,57	4 112,73	5 484,7	4 845,81	16 %
	3-4	-3 961,85	3 568,4	4 641,64	4 201,06	15 %
	4-5	-3 541,86	4 161,01	4 169,98	4 468,84	15 %
	5-6	-4 453,44	1 572,61	4 724,12	1 704,96	6 %
Carga muerta 1er nivel	1-2	-2 397,12	6 203,17	2 811,72	6 851,81	15 %
	2-3	-6 095,9	5 549,82	6 732,29	6 005,55	9 %
	3-4	-5 292,685	4 810,45	5 661,9	5 082,64	7 %
	4-5	-4 779,11	5 442,75	5 032,34	5 944,8	5 %
	5-6	-5 881,95	2 486,03	6 431,07	2 828,67	9 %

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2.10. Momentos últimos por envolvente de momentos

La envolvente de momentos determina los momentos máximos que actúan en cada elemento después de haber realizado las combinaciones de carga muerta, carga viva y carga de sismo, actuando en cada elemento.

Las combinaciones se tomaron conforme a los códigos ACI 318-11 y el AGIES.

Las combinaciones establecidas por el ACI, se encuentran en la sección 9.2.1. En el AGIES, las combinaciones de carga se encuentran en el capítulo 8, sección 8.2 del NSE-2.

A continuación, se muestran las combinaciones de cargas obtenidas de los códigos antes mencionados.

Combinaciones que se encuentran en AGIES y ACI:

$$U = 1,4 \text{ CM}$$

$$U = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ C,V} + 1,0 \text{ C.S}$$

$$U = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ C,V} - 1,0 \text{ C.S}$$

Combinaciones que se encuentran solo en el AGIES:

$$U = 1,3 \text{ CM} + 1,6 \text{ C.V}$$

$$U = 1,3 \text{ CM} + 1,0 \text{ C.V}$$

$$U = 0,9 \text{ CM} - 1,0 \text{ C.S}$$

Combinaciones que se encuentran solo en el ACI:

$$U = 0,9 \text{ CM} + 1,0 \text{ C.S}$$

$$U = 1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ C.V}$$

$$U = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ C.V}$$

A continuación, se muestran todas las combinaciones utilizadas:

- $U = 1,4 \text{ CM}$
- $U = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ C.V} + 1,0 \text{ C.S}$
- $U = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ C.V} - 1,0 \text{ C.S}$
- $U = 1,3 \text{ CM} + 1,6 \text{ C.V}$
- $U = 1,3 \text{ CM} + 1,0 \text{ C.V}$
- $U = 0,9 \text{ CM} - 1,0 \text{ C.S}$
- $U = 0,9 \text{ CM} + 1,0 \text{ C.S}$
- $U = 1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ C.V}$
- $U = 1,2 \text{ CM} + 1,0 \text{ C.V}$

Empleando las combinaciones de las ecuaciones, se calculan todas las envolventes de momentos para los marcos en los sentidos X y Y.

A continuación se muestran las envolventes de las vigas de los ejes 3 y B, del bloque 2.

Los valores de los momentos están en Kg-m.

Para los cálculos estructurales se usarán los datos obtenidos por el método de Kanni.

Eje B, bloque 2:

Tabla XXXI. **Envolvente de momentos vigas del eje B, bloque 2**

Envolvente de vigas segundo nivel			
Viga M-N		L=	5.9
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.2CM+1.6CV	-2622.79	3490.48	6808.93
1.3CM+1.6CV	-2781.32	3735.24	7278.06
1.3CM+1.0CV	-2511.12	3527.70	6835.83
1.2CM+1.0CV+1.0E	4531.81	3282.95	12011.86
1.2CM+1.0CV-1.0E	-9237.01	3282.95	721.54
.90CM+1.0E	5457.70	2202.79	9867.40
.90CM-1.0E	-8311.11	2202.79	-1422.92
1.2CM+1.0 CV	-2352.599	3282.946	6366.697
1.4 CM	-2219.319	3426.561	6567.924
Viga N-O		L=	6.4
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.2CM+1.6CV	-6691.01	3266.21	6088.95
1.3CM+1.6CV	-7151.61	3487.12	6501.06
1.3CM+1.0CV	-6715.20	3256.39	6072.22
1.2CM+1.0CV+1.0E	-2013.79	3035.48	10080.02
1.2CM+1.0CV-1.0E	-10495.40	3035.48	1240.20
.90CM+1.0E	95.37	1988.21	8128.95
.90CM-1.0E	-8386.24	1988.21	-710.88
1.2CM+1.0 CV	-6254.598	3035.483	5660.109
1.4 CM	-6448.455	3092.769	5769.609
Viga O-P		L=	5.9
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.2CM+1.6CV	-5807.93	2663.44	5277.87
1.3CM+1.6CV	-6203.89	2845.31	5635.35
1.3CM+1.0CV	-5807.73	2664.92	5264.79
1.2CM+1.0CV+1.0E	-484.53	2483.05	9773.04
1.2CM+1.0CV-1.0E	-10339.02	2483.05	41.59
.90CM+1.0E	1363.61	1636.80	8083.01
.90CM-1.0E	-8490.88	1636.80	-1648.43
1.2CM+1.0 CV	-5411.773	2483.049	4907.315
1.4CM	-5543.434	2546.128	5004.675

Envolvente de vigas primer nivel			
Viga L-K		L=	5.9
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.2CM+1.6CV	-5472.93	7759.24	15019.06
1.3CM+1.6CV	-5747.725276	8132.645	15745.56
1.3CM+1.0CV	-4931.957159	6903.231	13382.68
1.2CM+1.0CV	-4657.16	6529.83	31808.08
1.4CM	-3847.14	5227.61	10171.05
1.2CM+1.0CV+1.0E	16809.53	6529.83	29445.20
1.2CM+1.0CV-1.0E	-26123.85	6529.83	-4132.84
.90CM+1.0E	18993.53	3360.61	23327.55
.90CM-1.0E	-23939.85	3360.61	-10250.49
Viga K-J		L=	4
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.2CM+1.6CV	-14753.22	7146.40	13326.55
1.3CM+1.6CV	-15467.04632	7493.962	13974.55
1.3CM+1.0CV	-13146.82437	6378.075	11893.07
1.2CM+1.0CV	-12432.99	6030.52	11245.07
1.4CM	-9993.62	4865.82	9071.94
1.2CM+1.0CV+1.0E	-443.99	6030.52	24057.94
1.2CM+1.0CV-1.0E	-24422.00	6030.52	-1567.79
.90CM+1.0E	5564.54	3128.03	18644.82
.90CM-1.0E	-18413.47	3128.03	-6980.90
Viga J-I		L=	2.5
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.2CM+1.6CV	-12751.82	5851.84	11554.98
1.3CM+1.6CV	-13370.56245	6135.653	12116.71
1.3CM+1.0CV	-11372.95989	5218.368	10311.41
1.2CM+1.0CV	-10754.22	4934.56	9749.67
1.4CM	-8662.36	3973.37	7864.30
1.2CM+1.0CV+1.0E	3833.82	4934.56	24133.38
1.2CM+1.0CV-1.0E	-25342.26	4934.56	-4634.03
.90CM+1.0E	9019.38	2554.31	19439.32
.90CM-1.0E	-20156.70	2554.31	-9 328.09

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Envolvente de momentos, continuación vigas del eje B, bloque 2**

Viga P-Q				Viga I-H			
L= 5.4				L= 4			
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der	Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.2CM+1.6CV	-5243.37	2597.18	5974.95	1.2CM+1.6CV	-11476.16	5663.73	13206.87
1.3CM+1.6CV	-5598.28	2771.50	6388.56	1.3CM+1.6CV	-12034.16811	5939.788	13844.84
1.3CM+1.0CV	-5229.08	2582.02	6009.24	1.3CM+1.0CV	-10241.6662	5058.168	11763.1
1.2CM+1.0CV+1.0E	-253.91	2407.70	10031.95	1.2CM+1.0CV	-9683.65	4782.11	11125.14
1.2CM+1.0CV-1.0E	-9494.44	2407.70	1159.29	1.4CM	-7812.18	3864.86	8 931.50
.90CM+1.0E	1426.13	1568.91	8158.89	1.2CM+1.0CV+1.0E	3654.06	4782.11	23621.20
.90CM-1.0E	-7814.39	1568.91	-713.77	1.2CM+1.0CV-1.0E	-23021.37	4782.11	-1370.93
1.2CM + 1.0 CV	-4874.175	2407.695	5595.621	.90CM+1.0E	8315.60	2484.56	18237.74
1.4CM	-4968.649	2440.534	5790.649	.90CM-1.0E	-18359.83	2484.56	-6754.38
Viga Q-R				Viga H-G			
L= 6.4				L= 4			
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der	Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.2CM+1.6CV	-6455.93	3618.26	2720.23	1.2CM+1.6CV	-14225.92	8052.67	5679.21
1.3CM+1.6CV	-6899.72	3872.64	2884.86	1.3CM+1.6CV	-14914.52987	8439.898	5964.26
1.3CM+1.0CV	-6475.77	3660.49	2605.61	1.3CM+1.0CV	-12678.53542	7162.649	5117.267
1.2CM+1.0CV+1.0E	-477.04	3406.11	9298.49	1.2CM+1.0CV	-11989.93	6775.43	4832.22
1.2CM+1.0CV-1.0E	-11586.94	3406.11	-4416.53	1.4CM	-9640.48	5421.13	3 990.66
.90CM+1.0E	1560.89	2289.39	8339.18	1.2CM+1.0CV+1.0E	4536.62	6775.43	26230.90
.90CM-1.0E	-9549.01	2289.39	-5375.83	1.2CM+1.0CV-1.0E	-28516.47	6775.43	-16566.46
1.2CM + 1.0 CV	-6031.989	3406.11	2440.979	.90CM+1.0E	10329.09	3485.01	23964.11
1.4CM	-6212.98	3561.281	2304.824	.90CM-1.0E	-22724.00	3485.01	-18833.26

Fuente: elaboración propia.

Eje 3, bloque 2:

Tabla XXXIII. **Envoltentes de momentos, vigas eje 3, bloque 2**

Envolvente de vigas segundo nivel			
Viga C-D			
L= 8.65			
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.4 CM	-2858.98	2640.474	2858.98
1.3CM+1.6CV	-3698.59	3246.00	3698.59
1.3CM+1CV	-3307.16	2948.2	3307.155
1.2CM+1.0CV+1.0E	7904.62	2759.59	14110.51
1.2CM+1.0CV - 1.0E	-14110.5	2759.59	-7904.63
0.90CM-1.0E	-12845.48	1697.45	-9169.66
0.90CM+1.0E	9169.64	1697.45	12845.49
1.2CM + 1.6 CV	-3494.38	3057.394	3494.375
1.2CM+1.0 CV	-3102.94	2759.595	3102.943

Continuación de la tabla XXXIII.

Envolvente de vigas primer nivel			
Viga B-E		L=	8.65
Combinación	M (-) izq	M (+)	M (-) der
1.4 CM	-6959.84	8032.72	6959.838
1.3CM+1.6CV	-9416.55	10937.94	9416.55
1.3CM+1CV	-8308.86	9633.321	8308.86
1.2CM+1.0CV+1.0E	20799.48	9059.56	36422.94
1.2CM+1.0CV - 1.0E	-36422.9	9059.56	-20799.5
0.90CM-1.0E	-33085.39	5163.89	-24137.03
0.90CM+1.0E	24137.03	5163.89	33085.39
1.2CM + 1.6 CV	-8919.42	10364.18	8919.421
1.2CM + 1.0 CV	-7811.73	9059.556	7811.729

Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Diseño estructural

A continuación, se describe el diseño estructural de cada elemento que conforma una estructura de marcos rígidos.

2.1.7.1. Diseño de losa prefabricada

Para este proyecto se decidió utilizar una losa prefabricada por instrucciones de la Dirección Municipal de Planificación. La losa prefabricada está compuesta por viguetas y bovedillas.

Las viguetas son pastillas de concreto preesforzado y armadura de acero para soportar el momento positivo máximo al centro. La bovedilla de block sirve de formaleta, que es solo un relleno sin ninguna función estructural con una capa de concreto fundida en obra de 5 cms, con su acero de temperatura. Rigidizante perpendicular a las viguetas para mejorar la capacidad de la losa y disminuir las vibraciones, bastones de acero de $\frac{1}{4}$ de luz para soportar el momento negativo de los extremos.

A continuación, se realiza el diseño, utilizando los parámetros establecidos en la sección de viguetas en losas nervadas, sección 8.13 del ACI 318S-11.

Base del patin o $b_w \geq 10\text{cm}$

Ancho tributario o $S \leq 75\text{cm}$

Peralte o $h \geq S/12$

Basándose en los parámetros anteriores se utilizan los siguientes valores:

- $S = 60\text{ cm}$
- $b_w = 12\text{ cm}$
- $h = 60/12 = 5\text{ cm}$
- Altura de bovedilla = 15 cm

Con estas dimensiones se procede a integrar las cargas:

- Carga viva:

La carga viva utilizada es de 200 kg/m^2

$$C.V = 200\text{ kg/m}^2 \times 0,60\text{ m} = 120\text{ kg/m}$$

- Carga muerta:

$$\text{Carga de losa} = C_{\text{losa}} = 2400\text{ kg/m}^3 \times 0,60\text{ m} \times 0,05\text{ m} = 72\text{ kg/m}$$

$$\text{Sobre carga} = C_{\text{sc}} = 100\text{ kg/m}^2 \times 0,60\text{ m} = 60\text{ kg/m}$$

$$\text{Carga bovedilla} = C_{\text{bovedilla}} = 13\text{ kg/U} \times 5\text{ u/m} = 65\text{ kg/m}$$

$$\text{Carga vigueta} = C_{\text{vigueta}} = 2400\text{ kg/m}^3 \times 0,05\text{ m} \times 0,12\text{ m} = 14,4\text{ kg/m}$$

$$\text{Carga muerta total} = 211,4\text{ kg/m}$$

- Carga última (Cu)

$$Cu = 1,7 \text{ CV} + 1,4 \text{ CM}$$

$$Cu = 1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (211,4 \text{ kg/m})$$

$$Cu = 499,96 = 500 \text{ kg/m}$$

$$Cu = 500 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de momentos últimos (Mu):

Para una viga simplemente apoyada según el Código ACI-318-11S Cap. 8.3.3

$$Mu(+) = \frac{Cu * l^2}{8} = \frac{500 * 4,50^2}{8} = 1\,265,63 \text{ kg.m}$$

$$Mu(-) = \frac{Cu * l^2}{24} = \frac{500 * 4,50^2}{24} = 421,88 \text{ kg.m}$$

Con los momentos anteriores se calcula el área del acero de refuerzo utilizando la siguiente ecuación:

$$As = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f'c}{fy} \right)$$

Para:

$$Mu (+) = 1\,256,63 \text{ kg.m}$$

Para el cálculo de acero se considera acero grado 70 ya que este es el acero que se utiliza para este sistema de losa prefabricada.

$$A_s = \left[100 * 15 - \sqrt{(100 * 15)^2 - \frac{1\,256,63 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \left(\frac{0,85 * 280}{4\,900} \right) = 1,93 \text{ cm}^2$$

$$M_u (-) = 421,88 \text{ kg.m}$$

$$A_s = \left[100 * 15 - \sqrt{(100 * 15)^2 - \frac{421,88 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \left(\frac{0,85 * 280}{4\,900} \right) = 0,64 \text{ cm}^2$$

Para el nervio se utilizará como rigidizante 2 varillas No3 grado 70 con eslabones Ø=4,5mm a cada 30 cm.

- Refuerzo por temperatura

$$\rho \geq 0,0018 * 4\,200 / f$$

$$\rho = 0,001431$$

$$A_{temp} = \rho * b * d$$

$$A_{temp} = 0,001431 * 100 * 5$$

$$A_{temp} = 0,72 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usar una electromalla 9/9 es igual a 0,76 cm²/m.

Al utilizar una electromalla 9/9 se cumple con el área de acero por temperatura requerida.

A partir de los resultados anteriormente calculados se describe los elementos de la losa prefabricada.

- Viguetas

El patín de la vigueta será de 12*5 cm, la altura total de 15 cm y el armado por un joist de 3 varillas longitudinales corridas de $\varnothing=6,2$ mm y configuración en zigzag con varillas de $\varnothing=4,5$ mm.

- Bovedillas

Las bovedillas serán de 48 cm*20 cm*15 cm y serán de block pómez.

- Rigidizantes

Tendrán una separación máxima de 1,5 m y se harán por medio de dos varillas longitudinales de $\varnothing=6,2$ mm y eslabones de $\varnothing=4,5$ mm a cada 0,30m.

- Loseta de compresión

Será de 5cm de espesor con electromalla 6/6 x 9/9 para controlar efectos de temperatura, con traslape entre cada una de 15 cm.

- Bastones

Serán de $\varnothing=6,2$ mm con una longitud de $L/4$, donde L es la longitud de la vigueta, y su separación será de 7 cm en las regiones con continuidad, y de 45 cm en las regiones sin continuidad.

2.1.7.2. Diseño de vigas

A continuación, se detalla el diseño y los cálculos estructurales de las vigas.

2.1.7.2.1. Diseño a flexión

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de compresión, flexión y corte. Para su diseño se utilizan los momentos últimos obtenidos de la envolvente de momentos, los resultados fueron mostrados en la sección 2.1.6.2.2.9. La viga crítica es la viga B-E del eje C, primer nivel, bloque 2.

- Cálculo del acero mínimo

El cálculo del acero mínimo se establece en el capítulo 10, sección 10.5

$$As_{min} \geq \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d = \frac{0,80 * \sqrt{280}}{fy} * 35 * 66 = 7,36 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{14,1}{fy} * b * d = \frac{14,1}{4200} * 35 * 66 = 7,76 \text{ cm}^2$$

Recubrimiento= 4 cm

b= 35 cm

d= h-rec= 70-4= 66 cm,

Se toma el valor mayor, por lo tanto el acero mínimo es de 7,76 cm².

- Cálculo del área de acero balanceado

Según el capítulo 21 del ACI 318-11 la cuantía balanceada para vigas se calcula con la expresión siguiente:

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \left(\frac{6\,120}{6\,120 + f_y} \right) = \frac{0,85 * 0,85 * 280}{4\,200} * \left(\frac{6\,120}{6\,120 + 4\,200} \right) = 0,0286$$

$$\rho_{max} = 0,5 * \rho_{bal} = 0,0143$$

- Cálculo del área de acero máximo

Las condiciones del ACI-318-11, capítulo 21 sugieren que para zona sísmica la cuantía de acero máxima sea $\rho_{max}=0,5*\rho_{bal}$ y la cuantía mínima según la sección 21.5.2.1 sea $\rho_{min}= 14/f_y$.

La cuantía de refuerzo, ρ , no debe exceder de 0,025.

$$\rho_{max} = 0,5 * \rho_{bal} = 0,0143$$

$$A_{max} = \rho_{max} * b * d = 0,0143 * 35 * 66 = 32,99 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del acero para cada momento

El área de acero para cada momento se calcula por siguiente fórmula:

$$A = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'_c}} * -\frac{Mu * b}{0,003825 * f'_c} \right] * \frac{\phi * f'_c}{f_y}$$

$$A = \left[35 * 66 - \sqrt{(35 * 66)^2 - \frac{-26\,123,85 * 35}{0,003825 * 280}} * \right] * \frac{0,85 * 280}{4\,200}$$

$$A = \left[35 * 66 - \sqrt{(35 * 66)^2 - \frac{(-26\,123,85 * 35)}{0,003825 * 280}} \right] * \frac{0,85 * 280}{4\,200} = 10,08 \text{ cm}^2$$

Para el cálculo de las áreas de acero, se utilizan los momentos obtenidos por medio de la envolvente de momentos por el método de Kani. Se consideró la viga más crítica para el diseño estructural.

Tabla XXXIV. **Cálculo de las áreas de acero**

Momentos (kg-m)	Área de acero	Cantidad de varillas
M(-)izq= -26 123,85	As= 10,08 cm ²	2#5 + 3#6
M+= 8132,65	As= 3,30 cm ²	3#6
M (-) der= - 29 445,20	As= 12,39 cm ²	2#5 + 3#6

Fuente: elaboración propia.

- Armado de cama inferior

Para el armado en la cama inferior y superior, el código ACI, establece lo siguiente:

- La sección 10.5.3 del código ACI 318S-11, establece que para el refuerzo superior como inferior la cantidad de refuerzo, debe ser el máximo de: el 50 % As correspondiente a los momentos positivos y negativos, y no deber ser menor que el Asmin.
- En la sección 21.2.2 requiere que las vigas deben tener al menos dos barras longitudinales continuas colocadas a lo largo de ambas caras superior e inferior.

$$50\% \text{ As (M -izq)} = 50 \% * 10,08 = 5,04 \text{ cm}^2$$

$$50\% \text{ As (M -der)} = 50 \% * 12,39 = 6,20 \text{ cm}^2$$

$$50\% \text{ As (M +)} = 50 \% * 3,30 = 1,65 \text{ cm}^2$$

$$\text{As min} = 7,76 \text{ cm}^2$$

Por lo que se establece en la sección 10.5.3 del ACI 318S-11, se utiliza la cantidad de refuerzo equivalente al acero mínimo.

Acero cama inferior= $7,76 \text{ cm}^2$. Para dicha área se utilizarán 3 varillas #6 corridas cuya área es de $8,55 \text{ cm}^2$.

- Armado de cama superior

Para el armado en la cama superior, el código ACI 318S-11, establece lo siguiente:

- En la sección 21.2.2 requiere que las vigas deben tener al menos dos barras longitudinales continuas colocadas a lo largo de ambas caras superior e inferior. Con el área mayor a:

$$A_{s \text{ min}} = 7,76 \text{ cm}^2$$

$$33 \% A_{s \text{ mayor}} = 33 \% * 12,39 = 4,08 \text{ cm}^2.$$

$$A_{s \text{ min}} = 7,76 \text{ cm}^2.$$

Por lo que se establece en la sección 10.5.3 del ACI 318-11, se utiliza la cantidad de refuerzo equivalente al acero mínimo.

Acero cama inferior= $7,76 \text{ cm}^2$. Para dicha área se utilizarán 3 varillas #6 corridas, cuya área es de $8,55 \text{ cm}^2$.

- Cálculo de a_{max}

$$a_{\text{max}} = \frac{A_{s \text{ max}} * f_y}{0,85 * f'_c * b} = \frac{32,99 * 4200}{0,85 * 280 * 35} = 16,63 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de a_{min}

$$a_{min} = \frac{A_{smin} * f_y}{0,85 * f'_c * b} = \frac{7,76 * 4\,200}{0,85 * 280 * 35} = 3,91 \text{ cm}^2$$

El momento máximo resistente por el área de acero máxima es calculado por la siguiente expresión:

$$M_u = \phi * A_{max} * f_y * (d - \frac{a}{2})$$

Se procede a calcular los momentos máximos y mínimos, para

$$\begin{aligned} M_{max} &= 0,90 * 32,99 * 4\,200 * \left(66 - \frac{16,63}{2}\right) = 7\,193\,476,06 \text{ kg} - \text{cm} \\ &= 71\,934,76 \text{ kg} - \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{min} &= 0,90 * 7,76 * 4\,200 * \left(66 - \frac{3,91}{2}\right) = 1\,877\,407,49 \text{ kg} - \text{cm} \\ &= 18\,774,07 \text{ kg} - \text{m} \end{aligned}$$

Como $M_{max} > M_{actuantes}$ en la viga, la viga es simplemente reforzada.

Por lo que se consideran las áreas anteriormente calculadas.

Los momentos de diseño deben cumplir con:

$$M_{max} \geq M_{diseño} \geq M_{min}$$

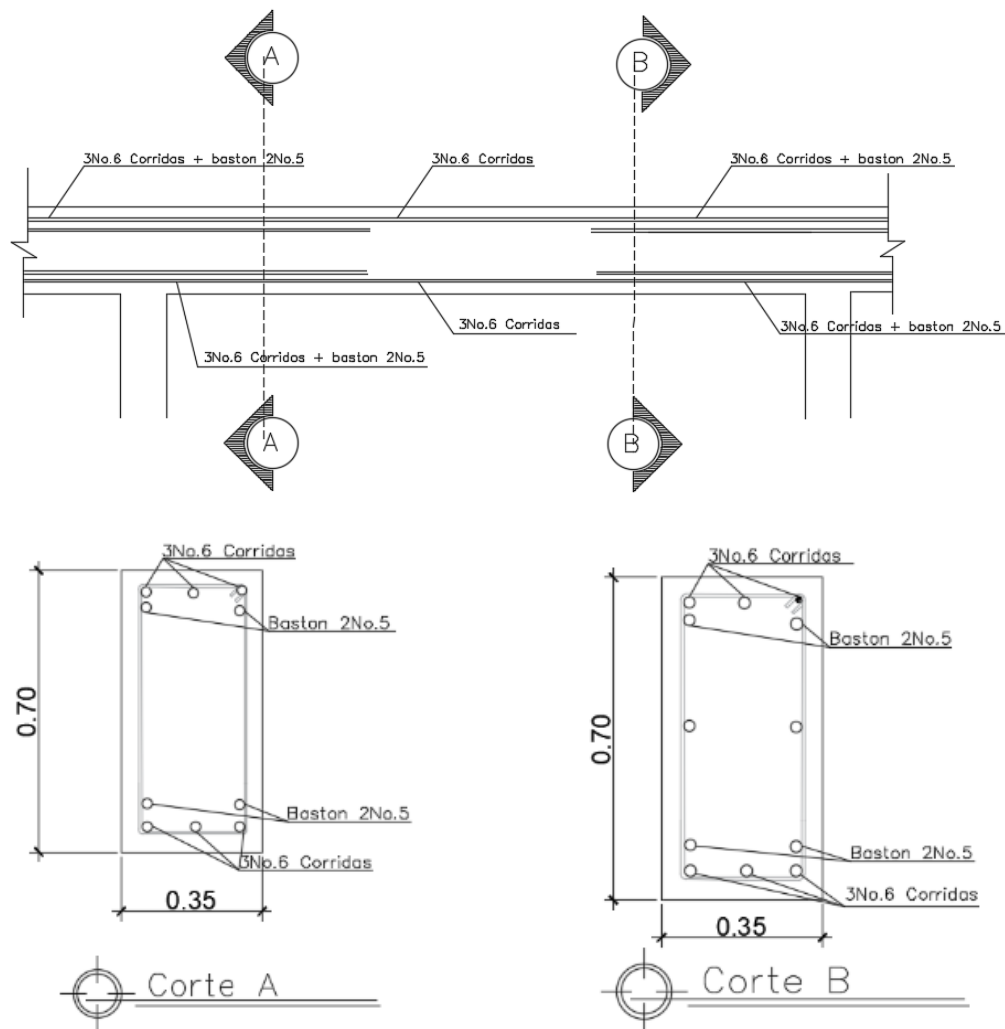
$$71934 \geq 26\,123 \geq 18\,774 \text{ kg-m}$$

$$71934 \geq 29\,445 \geq 18\,774 \text{ kg-m}$$

Para el momento de 8 132 kg-m con área de acero igual a $3,30 \text{ cm}^2$ no se cumple, por lo que se considera el área de acero mínima de $7,76 \text{ cm}^2$, por ende, un momento de diseño igual a 18 774 kg-m.

A continuación, se muestra el armado del refuerzo longitudinal.

Figura 19. Refuerzo longitudinal viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.7.2.2. Diseño a corte

El código ACI 318-11 en la sección 21.5.3 requiere que la fuerza cortante de diseño V se debe determinar a partir de las fuerzas estáticas en las partes comprendidas entre las caras del nudo. Se debe suponer que, en las caras del nudo localizados en los extremos del elemento, actúan momentos opuestos correspondientes a la resistencia probable M_{pr} .

La resistencia probable se basa en $1,25f_y$ con un factor de reducción de $\Phi=1$. El refuerzo transversal se requiere principalmente para confinar y dar soporte lateral a las barras de refuerzo en regiones en las que se espera fluencia.

El código ACI 318-11 en su sección 21.5.3.1, describe lo siguiente:

- Deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en las siguientes regiones de los elementos pertenecientes a pórticos:
 - En una longitud igual a dos veces la altura del elemento, medida desde la cara de elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión.
 - En longitudes iguales a dos veces la altura del elemento a ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión debido a desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.
- El primer estribo de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menos de:

- d/4.
 - Ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas.
 - 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento.
 - 300 mm.
- 3. Cuando no se requieran de estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos, espaciados a no más de d/2 en toda la longitud del elemento.

Se puede determinar el Mpr por medio de la siguiente fórmula:

$$M_{pr} = A_s * f_y * (d - \frac{a}{2})$$

$$a = \frac{A_s * f_s}{0,85 * f'_c * b}$$

Datos para el cálculo:

$$f_y = 4\,200 \text{ kg-cm}^2$$

$$f_s = 1,25 f_y$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s (+) = 3,30 \text{ cm}^2$$

$$A_s (-) = 12,39 \text{ cm}^2$$

$$d = 66 \text{ cm}$$

$$L = 5,90 \text{ m}$$

$$a (-) = \frac{12,39 * 5\,250}{0,85 * 280 * 35} = 7,81 \text{ cm}$$

$$a (+) = \frac{3,30 * 5,250}{0,85 * 280 * 35} = 2,08 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Mpr(-) &= 12,39 * 5\,250 * \left(66 - \frac{7,81}{2}\right) = 4\,038\,825,50 \text{ kg} - \text{cm} \\ &= 40\,388,25 \text{ kg} - \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mpr(+) &= 3,30 * 5\,250 * \left(66 - \frac{2,08}{2}\right) = 1\,125\,927,56 \text{ kg} - \text{cm} \\ &= 1\,125,28 \text{ kg} - \text{m} \end{aligned}$$

Las cargas aferentes gravitacionales que actúan a lo largo de la luz son las siguientes:

$$CM = 1\,718,73 \text{ kg/m}$$

$$CV = 1\,079,67 \text{ kg/m}$$

$$Wu = 1,2 \text{ C.M} + \text{C.V} = 1,2 (1\,718,73) + 1\,079,67 = 3\,142,15 \text{ kg/m}$$

Cortante en vigas:

$$Ve = \frac{Mpr (-) + Mpr (+)}{L} \pm \frac{Wu * L}{2}$$

$$Ve1 = \frac{40\,388,25 + 11\,259,28}{5,9} + \frac{3\,142,15 * 5,9}{2} = 18\,023,15 \text{ kg}$$

$$Ve2 = \frac{40\,388,25 + 11\,259,28}{5,9} - \frac{3\,142,15 * 5,9}{2} = -515,51 \text{ kg}$$

- Cálculo de la resistencia del concreto a corte:

$$V_c = 0,53 * \gamma * \sqrt{f'_c} * b * d = 0,53 * 0,85 * \sqrt{280} * 35 * 66 = 17\,413,49\,kg$$

- Cálculo de la resistencia a corte del refuerzo:

La fuerza cortante resistida por el refuerzo a corte V_s , es:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_u = V_{e1} = 18\,023,15\,kg$$

$$V_s = \frac{18\,023,15}{0,75} - 17\,413,49 = 6\,617,38\,kg$$

La resistencia al corte proporcionado por el refuerzo no debe exceder de:

$$V_{s\,max} = 2,2 * \sqrt{f'_c} * b * d = 2,2 * \sqrt{280} * 35 * 66 = 85\,038,12\,kg$$

$$85\,038,12 > 6\,617,38, \text{ OK.}$$

Después de haber calculado la fuerza cortante resistida por el refuerzo a corte, y al saber que no excede $V_{s\,max}$, se procede a calcular lo siguiente:

- Cálculo de espaciamiento del refuerzo a corte:

$$s = \frac{2 A_v * f_y * d}{V_s} = \frac{2 * (0,71) * 4,200 * 66}{6\,617,38} = 59,48\,cm$$

Según el código ACI 318-11, en la sección 21.5.3.3, el espaciamiento máximo, S_{max} , en secciones no críticas debe ser de $d/2$.

$$d/2 = 66/2 = 33 \text{ cm}$$

$$S > (d/2),$$

En este caso el espaciamiento obtenido en el cálculo anterior excede el valor permitido por el código, por lo cual se utiliza el valor de $d/2$ para el espaciamiento máximo para zonas no críticas.

Para zonas no críticas, $S_{max} = 33 \text{ cm}$

El código ACI 318-11 en la sección 21.5.3 requiere que deben disponerse estribos de confinamiento en una longitud igual a 2 veces la altura del elemento, medida desde la cara de apoyo del elemento, hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento a flexión.

$$\text{Longitud de confinamiento: } 2h = 2 \cdot 70 = 1,4 \text{ m}$$

El código ACI 318-11 en la sección 21.5.3.2 requiere que el primer estribo no debe de estar a más de 5 cm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos de confinamiento no debe de exceder el menor de:

- $d/4$
- Ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas
- 24 veces el diámetro del estribo de confinamiento
- 30 cm

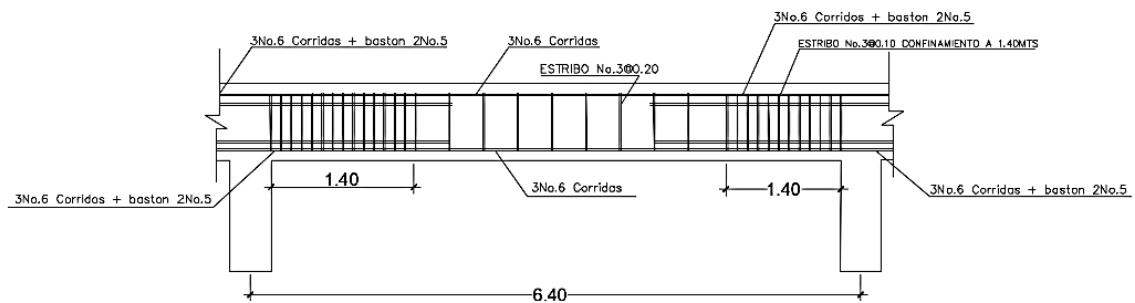
El espaciamiento encontrado se debe chequear con el espaciamiento máximo permitido, el cual es el menor de:

- $d/4 = 66/4 = 16,5 \text{ cm}$
- $8dv \text{ As_long}(\text{varilla \#6}) = 8(1,59) = 12,72 \text{ cm}$
- $24dv \text{ As_trans}(\text{varilla \#3}) = 24(0,95) = 22,80 \text{ cm}$
- 30 cm

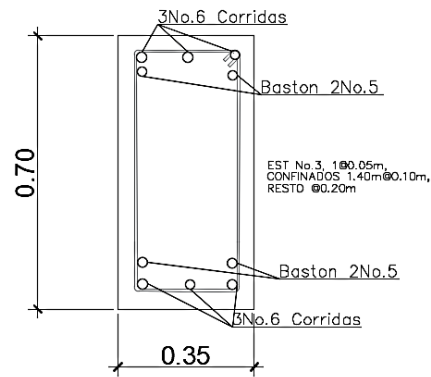
El espaciamiento adoptado para el diseño en las zonas críticas de la viga es, S_{\max} (10,00 cm).

La longitud de confinamiento, como se determinó anteriormente, será de 1,40 m, y la separación de los estribos en la zona de confinamiento será de 10 cm con hierro núm. 3 y de 20 cm en zona no confinada.

Figura 20. **Armado final de la viga**



Continuación de la figura 20.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.7.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales verticales utilizados primordialmente para soportar cargas de flexocompresión. Se hace referencia a las columnas como elementos a compresión, puesto que las fuerzas de compresión dominan el comportamiento.

El código ACI 318-11 establece algunos parámetros esenciales para un correcto diseño de columnas, dichos parámetros se describen a continuación.

- El área de refuerzo longitudinal, A_{st} , no debe ser menor que $0,01A_g$ ni mayor que $0,06 A_g$ (ACI-318-11, sección 21.6.3.1)
- Sección mínima: 30 cm x 30 cm
- La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0,4 (ACI-318-11, sección: 21.6.1.1 y 21.6.1.2).

- Refuerzo mínimo en cantidad de varillas: 4 varillas para sección rectangular y 6 varillas para una sección circular (ACI-318-11, sección 10.9.2).
- Para el refuerzo transversal: (ACI-318-11, sección 21.6.4).

El refuerzo transversal debe suministrarse en una longitud l_o , medida desde la cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión. La longitud, l_o , no deber ser menor que la mayor de (a), (b), y (c):

- a) La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión.
 - b) Un sexto de la luz libre del elemento
 - c) 450 mm
- La separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor de (a), (b), y (c):
 - a) La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento
 - b) Seis veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal menor
 - c) S_o , según lo definido en la ecuación:

$$S_o = 10 + \left(\frac{35-hx}{3}\right), 10 \text{ cm} \leq S_o \leq 15 \text{ cm}$$

Donde:

S_o = separación de estribos

h_x = espaciamiento de ganchos suplementarios

2.1.7.3.1. Cálculo de la carga axial

En esta sección se detalla el procedimiento para el diseño de columnas de concreto armado aplicado a la columna crítica del nivel 1, el diseño resultante fue aplicado a todas las columnas del nivel respectivo; los datos necesarios para el diseño de columnas fueron obtenidos del análisis estructural y se diseñó con el mayor de los momentos actuantes.

Tabla XXXV. **Carga axial sobre columnas del nivel 1 y 2**

Carga axial nivel 2			
CM	Wlosa + Wsc	400	kg/m2
CV	Cviva techo sin acceso	100	kg/m2
CU2	$Cu=1.4CM+1.7CV$	730	kg/m2
Fcu2	$Fcu2=Cu/(CM+CV)$	1,46	
Carga axial nivel 1			
CM	Wlosa + Wsc+Wmuro	650	kg/m2
CV	Cviva más crítica	500	kg/m2
CU1	$Cu=1.4CM+1.7CV$	1 760	kg/m2
Fcu1	$Fcu1=Cu/(CM+CV)$	1,53	

Fuente: elaboración propia.

La carga axial, P_u , se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$P_{u2} = (A_t * Cu2) + (A_v * L_v * W_c * F_{cu})$$

Donde:

P_{u2} = carga axial última sobre la columna en el nivel 2

A_t = área tributaria

$Cu2$ = carga última en el nivel 2

A_v = área transversal de la viga en el nivel 2

L_v = luz libre de la viga

W_c = peso del concreto

F_{cu2} = factor de carga última para el nivel 2

$$P_{u2} = (13,28 \cdot 730) + (5,9 \cdot 0,35 \cdot 0,70 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 1,46) = 14\,759,43 \text{ kg}$$

Cálculo de la carga axial sobre la columna del nivel 1:

$$P_{u1} = P_{u2} + (A_c \cdot L_c \cdot W_c \cdot F_{cu2}) + (A_v \cdot L_v \cdot W_c \cdot F_{cu1}) + (A_t \cdot C_{u1})$$

Donde:

P_{u1} = carga axial última sobre la columna en el nivel 1

P_{u2} = carga axial última sobre la columna del nivel 2

A_c = área de la columna del nivel 2

L_c = altura de la columna del nivel 2

F_{cu2} = factor de carga última para la columna del nivel 2

A_t = área tributaria

C_{u1} = carga última en el nivel 1

A_v = área transversal de la viga en el nivel 1

L_v = luz libre de la viga

W_c = peso del concreto

F_{cu1} = factor de carga última para el nivel 1

$$P_{u1} = 14\,759,43 + (0,40 \cdot 0,40 \cdot 3,7 \cdot 1,46) + (0,35 \cdot 0,70 \cdot 5,9 \cdot 2,400 \cdot 1,53) + (13,28 \cdot 1\,760)$$

$$P_{u1} = 45\,515,98 \text{ kg} = 45,52 \text{ ton}$$

2.1.7.3.2. Cálculo del efecto de esbeltez

La esbeltez de una columna se determina con la siguiente expresión:

$$E = \frac{K * Lu}{R}$$

Donde:

K = coeficiente de rigidez de la columna

Lu = longitud de efectiva

R = radio de giro (0,3h), h = lado menor

Para obtener el factor de longitud efectiva, k, se recurre a los ábacos de alineamiento de Jackson y Moreland, o en a las ecuaciones de Furlong, las cuales trabajan mediante los siguientes rangos:

$$k = \frac{20 - \Psi_m}{20} * \sqrt{1 + \Psi_m} \quad \text{para } \Psi_m < 2$$

$$k = 0,90 * \sqrt{1 + \Psi_m} \quad \text{para } \Psi_m \geq 2$$

$$\Psi_m = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$$

El cálculo de coeficientes para determinar el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ) en ambos extremos se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\Psi = \frac{\sum(I_{col}/L_{col})}{\sum(I_v/L_v)}$$

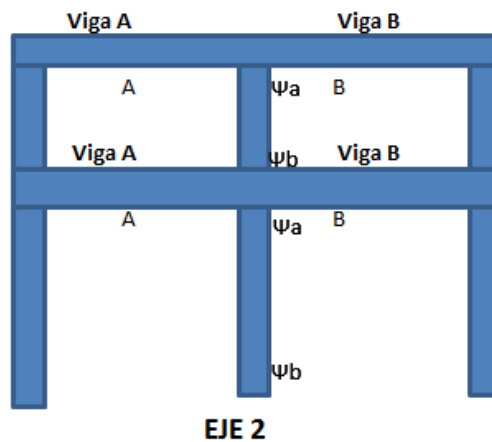
Donde:

I = inercia de los elementos que llegan al nodo considerado

L = longitud de los elementos que llegan al nodo

El cálculo de coeficientes para determinar el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ), se calculó para el sentido X y el sentido Y, para cada nivel.

Figura 21. **Coeficientes que miden el grado de empotramiento, sentido X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Nivel 2:

$$\psi_a = \frac{(213\,333,33/2,3)}{\left(\frac{1\,000\,416,67}{6,4}\right) + \left(\frac{1\,000\,416,67}{5,9}\right)} = 0,28$$

$$\psi_b = \frac{\left(\frac{213\,333,33}{2,3}\right) + \left(\frac{213\,333,33}{3,75}\right)}{\left(\frac{1\,000\,416,67}{6,4}\right) + \left(\frac{1\,000\,416,67}{5,9}\right)} = 0,46$$

$$\psi_m = \frac{\psi_a + \psi_b}{2} = \frac{0,28 + 0,46}{2} = 0,37$$

Como se obtuvo un $\psi_m=0,37 < 2$, se utiliza la siguiente fórmula:

$$k = \frac{20 - \psi_m}{20} * \sqrt{1 + \psi_m}$$

$$k = \frac{20 - 0,37}{20} * \sqrt{1 + 0,37} = 1,15$$

K nivel 2= 1,15

Se realiza el mismo procedimiento para calcular el valor de K para el nivel

1.

Nivel 1:

$$\psi_a = \frac{\left(\frac{213\,333,33}{2,3}\right) + \left(\frac{213\,333,33}{3,75}\right)}{\left(\frac{1\,000\,416,67}{6,4}\right) + \left(\frac{1\,000\,416,67}{5,9}\right)} = 0,46$$

$$\psi_b = 0$$

$$\psi_m = \frac{\psi_a + \psi_b}{2} = \frac{0,46 + 0}{2} = 0,23$$

Como se obtuvo un $\psi_m=0,23 < 2$, se utiliza la siguiente fórmula:

$$k = \frac{20 - \psi_m}{20} * \sqrt{1 + \psi_m}$$

$$k = \frac{20 - 0,23}{20} * \sqrt{1 + 0,23} = 1,10$$

K nivel 1= 1,10

- Factor de esbeltez:

$$E = \frac{K * Lu}{R}$$

Nivel 2:

$$E = \frac{1,15 * 2,3}{(0,3 * 0,4)} = 22,03$$

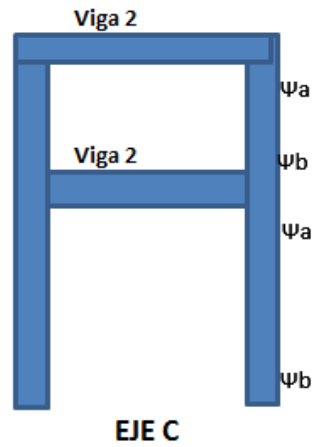
Nivel 1:

$$E = \frac{1,1 * 3,75}{(0,3 * 0,4)} = 34,25$$

Las columnas del primero y segundo nivel se consideran intermedias ($22 < E < 100$), por lo tanto, se magnificarán los momentos actuantes.

Para el eje C (sentido Y) se realizaron los mismos cálculos y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 22. **Coeficientes que miden el grado de empotramiento, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla XXXVI. **Coeficientes que miden el grado de empotramiento, sentido Y**

2ndo Nivel		1er Nivel	
Ψ_a	0,98	Ψ_a	1,71
Ψ_b	1,71	Ψ_b	0,00
Ψ_p	1,35	Ψ_p	0,85
K	1,43	K	1,30

Fuente: elaboración propia.

Nivel 2:

$$E = 31,74$$

Nivel 1:

$$E = 39,58$$

Para el eje C, las columnas del primero y segundo nivel se consideran intermedias ($22 < E < 100$), por lo tanto, se magnificarán los momentos actuantes.

2.1.7.3.3. Magnificación de momentos

El magnificador de momento, δ , es un factor de seguridad por el cual deben multiplicarse los momentos últimos en columnas para evitar pandeo y se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 * P_c}}$$

Donde:

C_m = es un factor de corrección que relaciona el diagrama existentes con un diagrama de momentos equivalente, el valor de este va de, 0,4 a 1.

P_c = carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_c = \frac{\pi^2 * EI}{(K * L)^2}$$

EI, se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$EI = \frac{0,4 * E_c * I}{1 + \beta d}$$

Donde:

E_c = módulo de elasticidad del concreto = $15\,100\sqrt{f'_c}$

β_d = factor de flujo plástico = C_{Mu}/C_{Utotal}

$$\beta_d = (1.4 \cdot 650) / (1760) = 0,52$$

$$E_c = 15\,100 \cdot \sqrt{f'_c} = 15\,100 \cdot \sqrt{280} = 2\,52\,671,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$EI = \frac{0,4 \cdot 252\,671,33 \cdot 213\,333,33}{1 + 0,52} = 14\,212\,683\,340 \text{ kg-cm}^2 = 1\,421,27 \text{ Ton-m}^2$$

Sentido X:

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 1\,421,27}{(1,15 \cdot 4,1)^2} = 631,52 \text{ Ton}$$

Sentido Y:

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 1\,421,27}{(1,43 \cdot 4,1)^2} = 408,98 \text{ Ton}$$

- Cálculo del magnificador de momentos, sentido X, eje 2.

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{45,52}{0,75 \cdot 631,52}} = 1,11$$

- Cálculo del magnificador de momentos, sentido Y, eje C.

$$\delta_y = \frac{1}{1 - \frac{45,52}{0,75 \cdot 408,98}} = 1,17$$

2.1.7.3.4. Cálculo del acero longitudinal

$$Mdx = \delta x * Mx = 1,11 * 9\,297,5 = 10\,285,97 \text{ kg-m}$$

$$Mdy = \delta y * My = 1,17 * 7\,373,47 = 8\,658,24 \text{ kg-m}$$

Diseño del refuerzo longitudinal: el Código ACI 318-11 sección 21.6.1, establece que para pórticos especiales resistentes a momentos:

- Que resistan fuerzas inducidas por sismo
- Que tienen una fuerza axial mayorada de compresión P_u que exceda $A_g * f'_c / 10$ deben de cumplir con lo siguiente:
 - La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor que 300 mm.
 - La relación entre la dimensión menor y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0,4.

$$P_u = 45\,515,98 \text{ kg}$$

$$A_g * f'_c / 10 = 44\,800 \text{ kg}$$

$P_u > (A_g * f'_c / 10)$, la dimensión menor de la sección de la columna es de 40 cm y la relación entre la menor dimensión y la perpendicular, $40/40=1$; $1 > 0,40$.

Después de lo anteriormente descrito se cumple con lo establecido en la sección 21.6.1 del ACI.

- Cálculo del área de acero de refuerzo longitudinal, As:

$$A_{smin} = 0,01 A_g = 0,01 \cdot (40 \cdot 40) = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0,06 A_g = 0,06 \cdot (40 \cdot 40) = 96 \text{ cm}^2$$

Se propone un área de acero de $31,68 \text{ cm}^2$, equivalente a 4 varillas #8 y 4 varillas #6.

- Método de las cargas inversas

Para verificar si el refuerzo propuesto es el adecuado, se utilizó el método de cargas inversas o de cargas reciprocas, en este método se usa diagramas de interacción para diseño de columnas. Dado que la sección de la columna es cuadrada y el refuerzo longitudinal es simétrico, el diagrama de interacción es el mismo para los sentidos X y Y. Para esto se empleó la expresión:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}}$$

Donde:

P'_u = capacidad real de la columna

P'_{ux} = resistencia de la columna a una excentricidad X

P'_{uy} = resistencia de la columna a una excentricidad Y

Los valores a utilizar en los diagramas se determinan con las expresiones:

- Valor de la gráfica:

$$\gamma = \frac{hn}{h} = \frac{b - 2r}{h} = \frac{40 - (2 * 4)}{40} = 0,80$$

Donde:

hn= altura del núcleo de la columna

h= altura de la sección transversal de la columna

r= recubrimiento

- Valor de la curva:

$$P_{tu} = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * A_g} = \frac{31,68 * 4200}{0,85 * 280 * 1600} = 0,35$$

$$P_g = \frac{A_s}{A_g} = \frac{40,56}{1600} = 0,020$$

Donde:

P_{tu}= valor de la curva

P_g= valor de la curva

A_s= área de acero longitudinal

f_y = resistencia del acero

f'_c = resistencia del concreto

A_g = área gruesa de la columna

- Excentricidades:

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{10\,285,97}{45\,515,98} = 0,23$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{8\,658,24}{45\,515,98} = 0,19$$

- Valores de las diagonales:

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,23}{0,40} = 0,56$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,19}{0,40} = 0,48$$

Con los valores obtenidos, se busca los valores de los coeficientes K_x y K_y , cuyos valores son: $K_x = 0,28$ y $K_y = 0,15$

- Cálculo de las cargas:

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_x :

$$P'_{ux} = K_x \cdot f'_c \cdot A_g = 0,28 \cdot 280 \cdot 1\,600 = 125\,440,00 \text{ kg}$$

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_y :

$$P'_{uy} = K_y \cdot f'_c \cdot A_g = 0,15 \cdot 280 \cdot 1\,600 = 67\,200,00 \text{ kg}$$

Carga axial de resistencia de la columna:

$$\begin{aligned} P'_o &= 0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_s) + A_s \cdot f_y \\ &= 0,85 \cdot 280 \cdot (1\,600 - 31,68) + 31,68 \cdot 4\,200 = 506\,316,16 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga de la resistencia de las columnas:

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'ux} + \frac{1}{P'uy} - \frac{1}{P'o}}$$
$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{125\,440} + \frac{1}{67\,200} - \frac{1}{506\,316,16}} = 47\,897,67\,kg = 47,90\,ton$$

47,90 > 45,52 ton

Como $P'u > P_u$ el armado propuesto si resiste las cargas aplicadas, si esto no fuera el caso, se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

El armado longitudinal es de 4 varillas #8 y 4 varillas #6, que corresponde a una cuantía de 1,98 %.

2.1.7.3.5. Cálculo del acero transversal

- Longitud de confinamiento

El Código ACI 318-11 sección 21.6.4.1 requiere que el refuerzo transversal debe suministrarse sobre una longitud medida desde la cara del nudo y ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos del marco, dicha longitud no debe ser menor que:

- La altura del elemento
- Un sexto de la longitud libre del elemento y
- 450 mm
- Altura del elemento = 0,40 m

- 1/6 de la luz libre= $3,6 \cdot (1/6) = 0,60$ m
- 0,45 m

La longitud de confinamiento debe ser de al menos 0.60 metros en ambos extremos de la columna.

- Refuerzo en zonas de confinamiento:

Refuerzo en zona de confinamiento: el Código ACI 318-11 sección 21.6.4.4, inciso (b), requiere que el área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares, A_{sh} , no debe ser menor que la requerida por las siguientes expresiones:

$$A_{sh} = 0,3 * \frac{S * bc * f'_c}{f_{yt}} * \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 * \left(\frac{S * bc * f'_c}{f_y} \right)$$

Donde:

- A_{sh} = área total del refuerzo transversal (incluyendo ganchos suplementarios) colocados dentro del espaciamiento y perpendicular a la dimensión b [cm²].
- S = espaciamiento medido centro a centro de los estribos.
- bc = dimensión transversal del núcleo medida de centro a centro de las ramas.
- exteriores del refuerzo transversal con área A_{sh} .
- A_g = área bruta de la sección [cm²].
- A_{ch} = área de la sección transversal de un elemento, medidas desde los bordes exteriores del refuerzo transversal.

$$Ash = 0,3 * \frac{S * 32 * 280}{4 200} * \left[\left(\frac{1 600}{1 024} \right) - 1 \right]$$

$$Ash = 0,36 S$$

$$Ash = 0,09 * \left(\frac{S * 32 * 280}{4 200} \right)$$

$$Ash = 0,19 S$$

Proponiendo el refuerzo transversal: 1 núm. 3, equivalente a 0,71 centímetros cuadrados.

$$Ash = 2 * 0,71 = 1,42 \text{ cm}^2$$

$$S = 1,42 / 0,36 = 3,94 \text{ cm}$$

$$S = 1,42 / 0,19 = 7,47 \text{ cm}$$

La separación de los estribos cerrados de confinamiento medidos de centro a centro es de 5 cm.

- Refuerzo en zona sin confinamiento

En la sección 21.6.4.3 del código ACI 318-11, se requiere que la separación de refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor de:

- La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento
- Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal
- So, según lo definido por la siguiente ecuación

$$S_o = 10 + \left(\frac{35-hx}{3} \right) = 10 + \left(\frac{35-20}{3} \right) = 15 \text{ cm}$$

Donde:

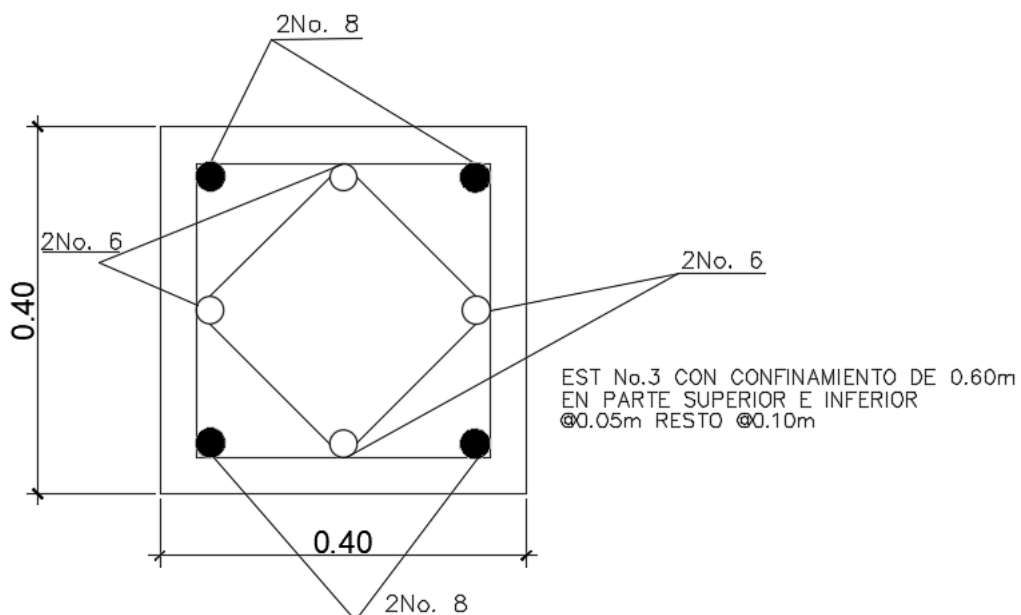
S_o = espaciamiento medido centro a centro de los estribos

hx = es la separación máxima entre ramas de los estribos cerrados de confinamiento y ganchos suplementarios en toda la cara de la columna.

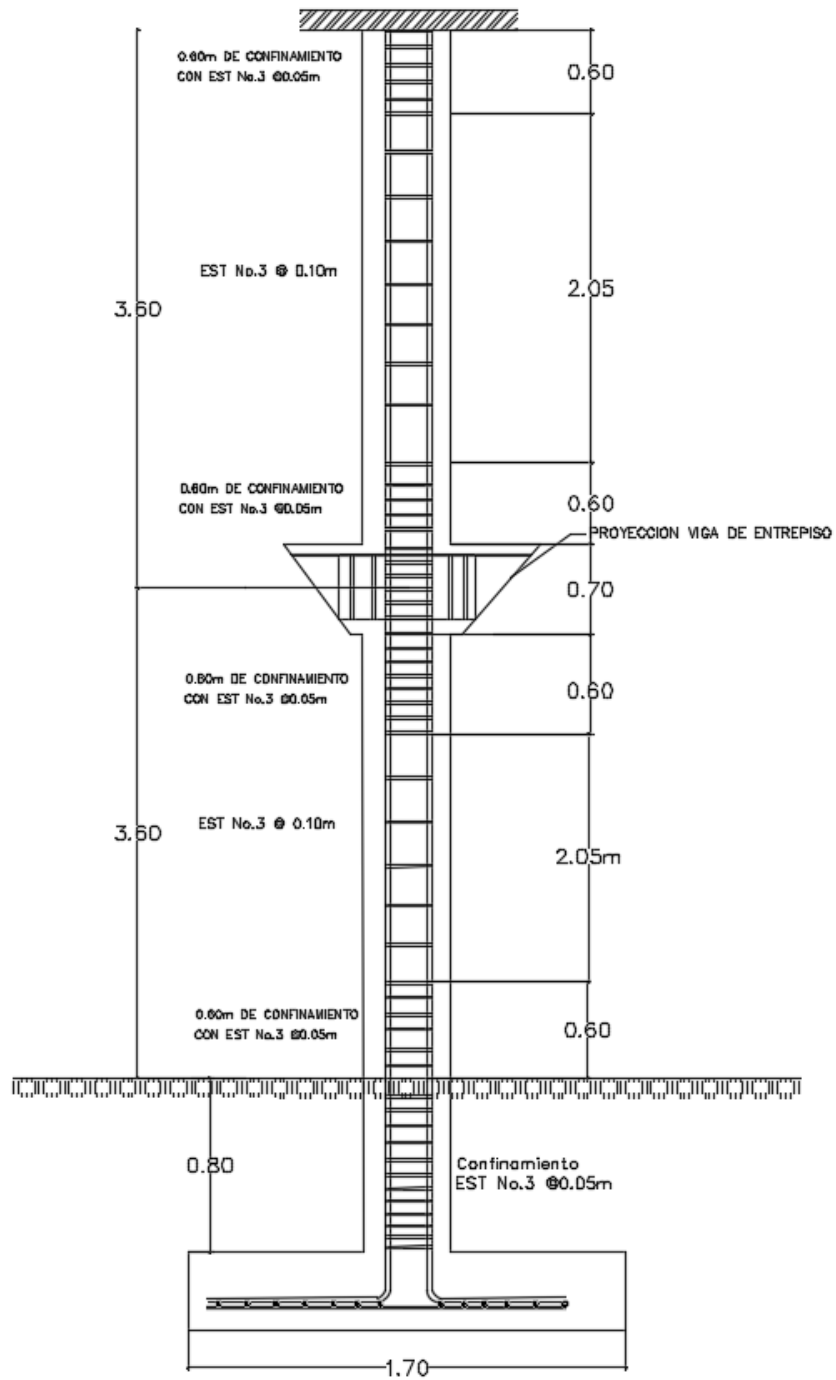
- $(1/4)*40 = 10 \text{ cm}$
- $6*2,54 = 15,24 \text{ cm}$
- $S_o = 15 \text{ cm}$

En zonas donde no se requieran estribos cerrados de confinamiento, $S = 10 \text{ cm}$.

Figura 23. **Detalle de columna**



Continuación de la figura 23.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.7.4. Diseño de zapatas

A continuación, se detalla el diseño y los cálculos estructurales de las zapatas concéntricas y excéntricas.

2.1.7.4.1. Zapata concéntrica

- Determinación del valor soporte

Para determinar el valor soporte del suelo se utilizó el método de Terzaghi por medio de la siguiente ecuación:

$$q_o = (0,45 \times \gamma_s \times B \times N_y) + (1,3 \times C_u \times N_c) + (\gamma_s \times D_f \times N_q) = \text{ton}/m^2$$

Donde:

q_o = valor de esfuerzo límite

γ_s = peso específico del suelo

D_f = desplante de cimentación

B = base de la zapata

F_s = factor de seguridad

C_u = coeficiente de cohesión del suelo

Φ = ángulo de fricción interna

N_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

N_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

N_y = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

Para realizar el cálculo del valor soporte es necesario tener los resultados del ensayo triaxial. Los resultados son los siguientes:

- $\phi=33,33^\circ$
- $\phi=0,58 \text{ rad}$
- $C_u=1,27 \text{ ton/ m}^2$
- $\gamma_s=1,45 \text{ ton/m}^3$

A partir de los resultados obtenidos se calculan los siguientes factores:

Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga, N_q .

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \times e^{\pi \times \tan \phi}$$

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{33,33}{2} \right) \times e^{\pi \times \tan(33,33)}$$

$$N_q = 27,15 \text{ ton/m}^2$$

Factor de capacidad de carga debido a la cohesión (N_c)

$$N_c = \cot \phi \times (N_q - 1)$$

$$N_c = \cot 33,33 \times (27,15 - 1)$$

$$N_c = 39,76 \text{ ton/m}^2$$

Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo (N_γ)

$$N_\gamma = 2 \times (N_q + 1) \times \tan \phi$$

$$N_\gamma = 2 \times (27,15 + 1) \times \tan (33,33)$$

$$N_\gamma = 37,02 \text{ ton/m}^2$$

Cálculo del valor de esfuerzo límite (q_o)

$$q_o = 118,62 \text{ ton/m}^2$$

Cálculo del valor de soporte del suelo (V_s)

$$V_s = q_0 / F_s$$

Donde:

V_s = valor soporte del suelo

F_s = factor de seguridad (varía entre 2-4)

Para dicho cálculo se tomó un factor de seguridad igual a 3.

$$V_s = 118,62 / 3 = 39,54 \text{ ton/m}^2$$

Tabla XXXVII. **Valor soporte permisible, según tipo de suelo**

Material del suelo	Ton / m ²	Observaciones
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22 – 86	
Suelo gravilloso	90	Compactados, buena granulometría
Suelo arenosos	32 – 64	Densos
Arena fina	22 – 43	Densa
Suelo arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 85.

El tipo de suelo corresponde a un suelo arenoso por lo que según la tabla XXXVIII, el valor soporte obtenido cumple con los rangos permisibles.

2.1.7.4.2. Cálculo del corte simple

Datos a utilizar:

$$P_u = 45\,515,98 \text{ kg}$$

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{ux} = 9\,297,5 \text{ kg-m}$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{uy} = 7\,373,47 \text{ kg-m}$$

$$F_{cu} = 1,53$$

$$W_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_s = 1,50 \text{ T/m}^2$$

$$V_s = 39,54 \text{ Ton/m}^2$$

$$\gamma_s = 1,45 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{Desplante} = 0,80 \text{ m}$$

- Cálculo de las cargas y momentos de trabajo y/o servicio para dimensionar la zapata

Para dimensionar la zapata se debe trabajar con cargas de trabajo o de servicio. Dichas cargas se obtienen dividiendo las cargas y momentos últimos entre el factor de carga última.

$$P_t = P_u / F_{cu} = 45\,515,98 \text{ kg} / 1,53 = 29\,740,56 \text{ kg} = 29,74 \text{ Ton}$$

$$M_{tx} = M_{ux} / F_{cu} = 9\,297,5 \text{ kg-m} / 1,53 = 6\,075,07 \text{ kg-m} = 6,08 \text{ T-m}$$

$$M_{ty} = M_{uy} / F_{cu} = 7\,373,47 \text{ kg-m} / 1,53 = 4\,817,89 \text{ kg-m} = 4,82 \text{ T-m}$$

- Dimensionamiento del área de la zapata

Con la siguiente expresión se determina el área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5 * P_t}{V_s} = \frac{1,5 * 29,74}{39,54} = 1,13m^2$$

Suponiendo una zapata cuadrada, las dimensiones de la zapata serían 1,06*1,06 metros con esta estimación solo se toma en cuenta la carga de trabajo y no las cargas máximas y mínimas admisibles de la zapata y la acción de momentos. Por lo que basados en los criterios anteriormente mencionados se proponen dimensiones de 1,70 * 1,70 metros con un área de 2,89 metros cuadrados.

El código ACI 318-11 sección 7.7.1, indica que para el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no debe ser menor de 0,075 metros , el peralte efectivo sea mayor que 0,15 metros, se propone un espesor t, de 0,40 metros.

Determinada el área de zapata, se debe calcular la carga admisible que la zapata transmite verticalmente al suelo, teniendo en cuenta que no debe ser mayor que el valor soporte del suelo, en caso contrario deberán incrementarse las dimensiones de la zapata. El valor de la carga admisible se determina con las siguientes expresiones:

$$q_{max} = \frac{P_{total}}{A_z} + \frac{M_{tx}}{S_x} + \frac{M_{ty}}{S_y}$$

$$S_x = \frac{1}{6} * a * b^2$$

$$S_y = \frac{1}{6} * b * a^2$$

Donde:

q_{\max} = carga máxima admisible

q_{\min} = carga mínima admisible

S = módulo inercial de la sección en el sentido indicado

P_t = carga axial de trabajo sobre la zapata

M_t = momento de trabajo en el sentido indicado

W_s = peso del suelo

W_z = peso de la zapata

P_{columna} = peso de la columna

P_{total} = presión total sobre el suelo

$$W_s = A_z * D_f * \gamma_s = 2,89 * 1,45 * 0,80 = 3,35 \text{ ton}$$

$$P_{\text{columna}} = \text{Sec col} * \gamma_{\text{concreto}} * H_{\text{col}} = (0,40 * 0,40) * 2,40 * 7,20 = 2,76 \text{ ton}$$

$$W_z = A_z * \gamma_{\text{concreto}} * \text{Espesor Asumido} = 2,89 * 2,40 * 0,40 = 2,77 \text{ ton}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{trabajo}} + W_s + P_{\text{columna}} + W_z = 29,74 + 3,35 + 2,76 + 2,77 = 38,63 \text{ ton}$$

$$a = 1,70 \text{ m}$$

$$b = 1,70 \text{ m}$$

$$S_x = \frac{1}{6} * 1,70 * 1,70^2 = 0,82 \text{ m}^3$$

$$S_y = \frac{1}{6} * 1,70 * 1,70^2 = 0,82 \text{ m}^3$$

$$q_{\max} = \frac{38,63}{2,89} + \frac{6,08}{0,82} + \frac{4,82}{0,82} = 26,67 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{min} = \frac{38,63}{2,89} - \frac{6,08}{0,82} - \frac{6,08}{0,82} = 0,06 \text{ Ton/m}^2$$

$$26,67 < 39,54$$

$$q_{max} < V_s$$

$$q_{min} > 0,$$

El valor soporte del suelo es mayor a q_{max} por lo que si cumple.

$q_{min} > 0$, si cumple, no existen esfuerzos de tensión.

- Cálculo de presión de diseño última:

$$q_{dis} = q_{max}$$

$$q_u = q_{dis} * F_{cu} = 26,67 * 1,53 = 40,82 \text{ ton/m}^2$$

- Chequeo corte simple:

Cuando una zapata falla por esfuerzo cortante, la influencia del esfuerzo cortante ocurre a una distancia horizontal igual al peralte efectivo d , de la zapata.

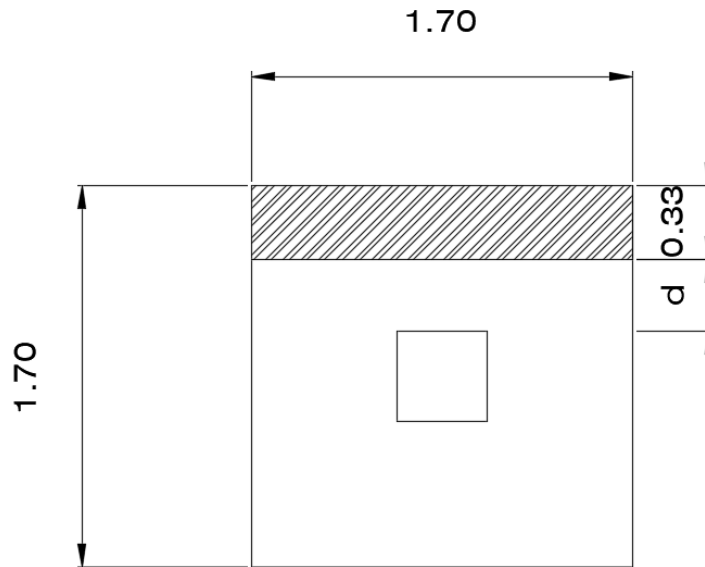
Se propone el uso de varillas núm. 6, diámetro de 1,91 centímetros, por lo tanto, el peralte efectivo es:

d : según el espesor asumido, $t = 40 \text{ cm}$

$$d = t - \text{rec} - (\text{diámetro de varilla})/2$$

$$d = 40 - 7,5 - \frac{1,91}{2} = 31,55 \text{ cm}$$

Figura 24. Corte simple



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Cálculo del área donde actúa el cortante simple en la zapata:

$$A_{\text{gris}} = 0,33 \times 1,70 = 0,57 \text{ m}^2$$

- Cálculo del cortante actuante:

$$V_{\text{act}} = A_{\text{gris}} \times q_u = 0,57 \times 40,82 = 23,21 \text{ ton}$$

- Cálculo del cortante simple resistente:

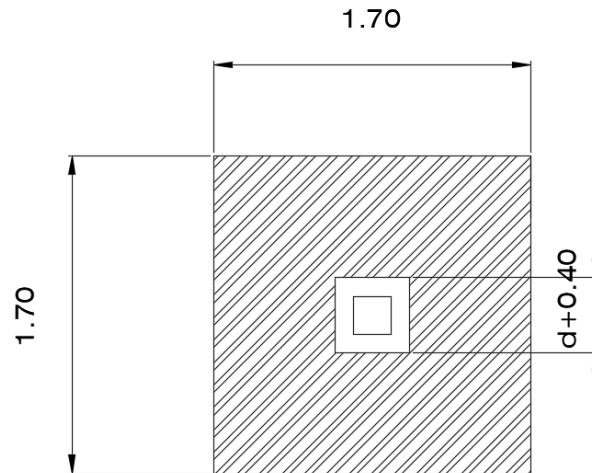
$$V_r = \phi \times 0,53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{280} \times 170 \times 31,55 = 40,43 \text{ Ton}$$

$V_r > V_{\text{act}}$, la sección propuesta y el espesor de la zapata ($t=0.40\text{m}$) es el adecuado

2.1.7.4.3. Cálculo del corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en el perímetro de la columna. La falla tiende a ocurrir en una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna.

Figura 25. Área de punzonamiento zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Cálculo del área donde actúa el corte punzonante en la zapata:

$$A_{\text{gris}} = A_z - (bc+d)^2 = 2,89 - (0,40+0,3155)^2 = 2,38 \text{ m}^2$$

- Corte Actuante, V_{act} :

$$V_{\text{act}} = A_{\text{gris}} * q_u = 2,38 * 40,82 = 97,07 \text{ ton}$$

- Cálculo del corte resistente, V_r :

$$V_r = 0,53 * \phi * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \sqrt{f'c} * b_o * d$$

Donde:

$\beta = 1$, para columnas cuadradas

b_o = perímetro del área punzonante

$b_o = 4(40 + 31,55) = 286,18 \text{ cm}$

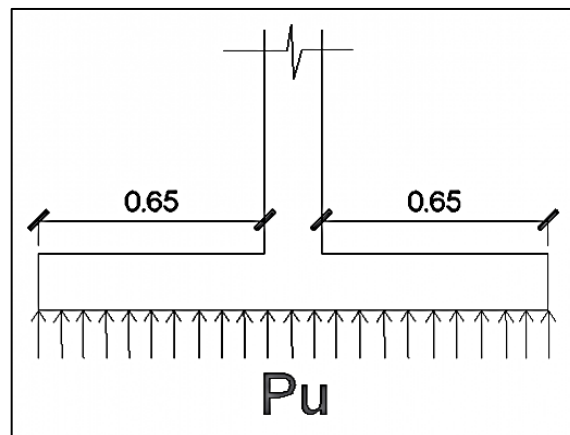
$$V_r = 0,53 * 0,75 * \left(1 + \frac{2}{1}\right) * \sqrt{280} * 286,18 * 31,55 = 180,14 \text{ ton}$$

$V_r > V_{act}$, por lo tanto el espesor, t , propuesto si chequea por corte punzonante.

2.1.7.4.4. Cálculo del refuerzo transversal

A continuación, se describe la memoria de cálculo del refuerzo transversal de las zapatas.

Figura 26. **Momento flector sobre zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

El momento flector se calcula de la siguiente manera:

$$M_u = \frac{qu * L^2}{2} = \frac{40,82 * 0,65^2}{2} = 8,62 \text{ ton/m}$$

- Cálculo del área de acero

El área de acero requerida por el momento flector último es la siguiente:

$$A_s = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'_c}} \right) * \left(\frac{0,85 * f'_c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left(170 * 31,55 - \sqrt{(170 * 31,55)^2 - \frac{8\,620 * 170}{0,003825 * 280}} \right) * \left(\frac{0,85 * 280}{4\,200} \right) = 7,32 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del área de acero mínima

$$A_{s \min} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{4200} * 170 * 31,55 = 18,00 \text{ cm}^2$$

Como $A_{s \min} > A_s$, se utiliza el área de acero mínima, $A_{s \min}$.

- Espaciamiento del refuerzo

El espaciamiento de la varillas no debe exceder de 45 centímetros. Si se desea utilizar varillas núm. 6 cuya área transversal es 2,87 centímetros cuadrados.

Se obtiene un espaciamiento S.

$$S = 26,91 \text{ cm.}$$

El armado principal de la zapata es: Varillas núm. 6 a cada 25 cm en ambos sentidos.

Acero por temperatura:

El área de acero, para la parte superior de la zapata, se calcula de la siguiente forma:

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * b * t$$

Donde:

b = franja unitaria de la zapata

t = espesor de la zapata

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * 100 * 40$$

$$A_{s_{temp}} = 8,00 \text{ cm}^2$$

$$8,00 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

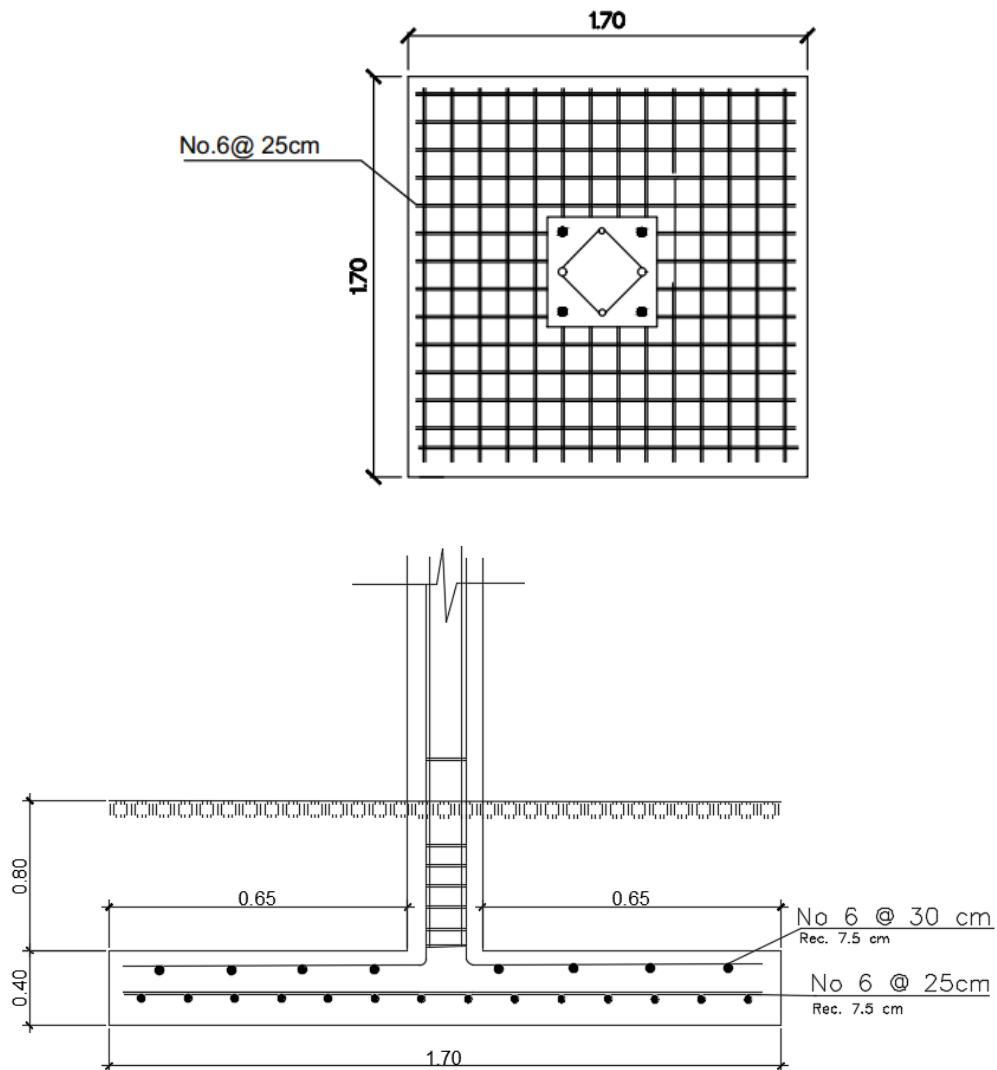
$$2,85 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = (2,85 * 100) / 8,00$$

$$S = 35,62 \text{ cm} \Rightarrow \text{Usar } 30 \text{ cm}$$

Se colocarán barras núm. 6 @ 0,30 m en la cama superior como refuerzo por temperatura.

Figura 27. **Detalle armado final de zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.7.4.5. Zapata excéntrica

- Zapata excéntrica aislada

Los datos que se utilizarán para este tipo de zapata serán los mismos que se utilizaron para el cálculo de la zapata concéntrica.

$$P_u = 45\,515,98\text{kg}$$

$$f_y = 4\,200\text{ kg/cm}^2$$

$$M_{ux} = 9\,297,5\text{ kg-m}$$

$$f'_c = 280\text{ kg/cm}^2$$

$$M_{uy} = 7\,373,47\text{ kg-m}$$

$$F_{cu} = 1,53$$

$$W_c = 2\,400\text{ kg/m}^3$$

$$W_s = 1,50\text{ T/m}^2$$

$$V_s = 39,54\text{ Ton/m}^2$$

$$\gamma_s = 1,45\text{ Ton/m}^3$$

$$\text{Desplante} = 0,80\text{ m}$$

Se deben pasar las cargas últimas a cargas de trabajo, por medio del factor de carga última que se describe a continuación:

$$P_t = P_u / F_{cu} = 45\,515,98\text{kg} / 1,53 = 29\,740,56\text{kg} = 29,74\text{ Ton}$$

$$M_{tx} = M_{ux} / F_{cu} = 9\,297,5\text{ kg-m} / 1,53 = 6\,075,07\text{ kg-m} = 6,08\text{ T-m}$$

$$M_{ty} = M_{uy} / F_{cu} = 7\,373,47\text{ kg-m} / 1,53 = 4\,817,89\text{ kg-m} = 4,82\text{ T-m}$$

- Dimensionamiento del área de la zapata

Con la siguiente expresión se determina el área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5 * P_t}{V_s} = \frac{1,5 * 29,74}{39,54} = 1,13 m^2$$

Se considera una zapata de 1,70 metros por 1,70 metros, para un área de zapata de 2,89 m².

Cálculo de pesos:

$$P_{columna} = \text{Sec col} * \gamma_{concreto} * H_{col} = (0,40 * 0,40) * 2,40 * 7,20 = 2,76 \text{ ton}$$

Peso del suelo:

$$W_s = A_z * D_f * \gamma_s = 2,89 * 1,45 * 0,80 = 3,35 \text{ ton}$$

Peso zapata

$$W_z = A_z * \gamma_{concreto} * \text{Espesor Asumido} = 2,89 * 2,40 * 0,40 = 2,77 \text{ ton}$$

Cálculo de carga última de trabajo P_{UT}.

$$P_{UT} = P_{total} = P_{trabajo} + W_s + P_{columna} + W_z$$

$$P_{UT} = 29,74 + 2,76 + 3,35 + 2,77 = 38,63 \text{ ton}$$

Cálculo de momento último:

$$L_x = \frac{L_{zapata}}{2} - \frac{L_{columna}}{2}$$

$$L_x = \frac{1,70}{2} - \frac{0,40}{2} = 0,65 \text{ m}$$

$$M_{UT} = -M_{TX} + (P'_T * L_x) + (PESO_{columna} * L_x)$$

$$M_{UT} = -6,08 + (29,74 * 0,65) + (2,76 * 0,65)$$

$$M_{UT} = 15,05 \text{ ton} - m$$

Excentricidades:

$$e = \frac{M_{UT}}{P_{UT}}$$

$$e = \frac{15,05}{38,63} = 0,39 \text{ m}$$

$$a = \frac{L_{zapata}}{2} - e$$

$$a = \frac{1,70}{2} - 0,39 = 0,46 \text{ m}$$

Se debe cumplir con las siguientes condiciones para comprobar las dimensiones de la zapata:

$$3a < L_{zapata}$$

$$3 * 0,46 < 1,70$$

$$1,38 < 1,70 ; \text{ sí cumple}$$

La excentricidad debe cumplir con lo siguiente:

$$e < \frac{B_{zapata}}{6}$$

- $e=0,39\text{m}$
- $\frac{B_{zapata}}{6} = \frac{1,70}{6} = 0,28 \text{ m}$

0,39 m no es menor a 0,28 m por lo tanto no cumple con el chequeo de excentricidad.

Puesto que la segunda condición no cumple, significa que la presión mínima será negativa, al ocurrir esto se generara una tensión sobre el suelo y el mismo no puede soportarlas, por tanto, es inadmisibile.

Braja M. Das en su libro titulado *Principios de ingeniería de cimentaciones* p. 176-177, establece la siguiente ecuación modificada para calcular la presión máxima:

$$q_{max} = \frac{4 * P_{UT}}{3 * L_{zapata} * (B_{zapata} - 2e)}$$

$$q_{max} = \frac{4 * 38,53}{3 * 1,70 * (1,70 - 2 * 0,39)} = 32,91 \text{ ton/m}^2$$

La presión máxima debe ser menor que el valor soporte del suelo:

$$q_{max} < V_s$$

$$32,91 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 39,54 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} ; \text{ sí cumple}$$

Presión de diseño:

$$q_{diseño} = q_{max} * F_{CU}$$

$$q_{diseño} = 32,91 * 1,53 = 50,35 \text{ ton/m}^2$$

Chequeo por corte simple:

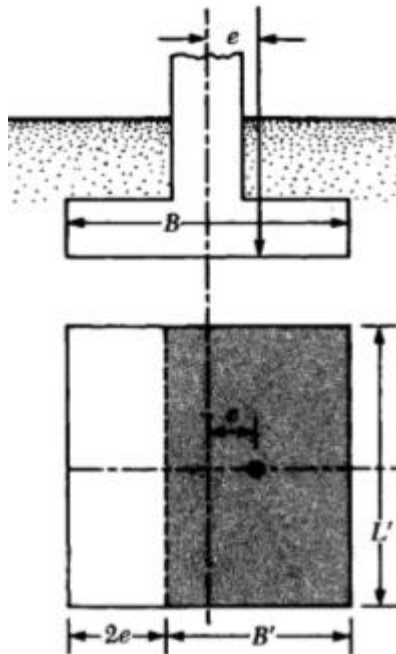
El peralte efectivo para las zapatas excéntricas será el mismo que el utilizado en las zapatas concéntricas, esto se debe a que el recubrimiento y el número de varillas para refuerzo a utilizar será el mismo.

$$d_{efectivo} = 50 - \frac{1,91}{2} - 7,5 = 41,55 \text{ cm}$$

Figura 28. **Dimensiones efectivas de la cimentación**

$B' = \text{ancho efectivo} = B - 2e$

$L' = \text{Largo efectivo} = L$



Fuente: BRAJA M., Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. p. 177.

Calculo de cortante:

$$A_{gris}=B'*L'=0,78*1,70=1,33 \text{ m}^2$$

- Cálculo del cortante actuante:

$$V_{act}=A_{gris}*q_u=1,33*32,91=43,77 \text{ ton}$$

- Cálculo del cortante simple resistente:

$$V_r=\phi*0,53*\sqrt{f'_c}*b*d=0,85*0,53*\sqrt{280}*170*41,55=53,24 \text{ Ton}$$

$V_r > V_{act}$, la sección propuesta y el espesor de la zapata ($t=0,50\text{m}$) es el adecuado

- Cálculo de corte punzonante:

Cálculo del área donde actúa el corte punzonante en la zapata:

$$A_{gris} = A_z - (0,61*0,82) = 2,89 - (0,61*0,82)=2,39 \text{ m}^2$$

Corte actuante, V_{act} :

$$V_{act}=A_{gris}*q_u=2,39*50,35=120,33 \text{ ton}$$

- Cálculo del corte resistente, V_r :

$$V_r = 0,53 * \phi * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

Donde:

$\beta=1$, para columnas cuadradas

b_o = perímetro del área punzonante

$$b_o = (2*60,77)+(1*81,55)=203,09 \text{ cm}$$

$$V_r = 0,53 * 0,75 * \left(1 + \frac{2}{1}\right) * \sqrt{280} * 203,09 * 41,55 = 168,36 \text{ ton}$$

$V_r > V_{act}$, por lo tanto el espesor, t , propuesto si chequea por corte punzonante.

- Cálculo del refuerzo transversal

El área de acero requerida por el momento flector último es la siguiente:

$$A_s = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'_c}} \right) * \left(\frac{0,85 * f'_c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left(170 * 31,55 - \sqrt{(170 * 41,55)^2 - \frac{10\ 640 * 170}{0,003825 * 280}} \right) * \left(\frac{0,85 * 280}{4\ 200} \right) = 6,83 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del área de acero mínima

$$A_{s \min} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{4\ 200} * 170 * 41,55 = 23,71 \text{ cm}^2$$

Como $A_{s \min} > A_s$, se utiliza el área de acero mínima, $A_{s \min}$.

- Espaciamiento del refuerzo

Si se desea utilizar varillas núm. 6 cuya área transversal es $2,87 \text{ cm}^2$.

Se obtiene un espaciamiento S .

$$S = 20,43 \text{ cm.}$$

El armado principal de la zapata es: varillas núm. 6 a cada 20 cm en ambos sentidos.

Acero por temperatura: cama superior.

Para el refuerzo de la cama superior se utilizará el área de acero por temperatura.

$$AS_{temperatura} = 0,002 * b * t$$

$$AS_{temperatura} = 0,002 * 100 * 50$$

$$AS_{temperatura} = 10 \text{ cm}^2$$

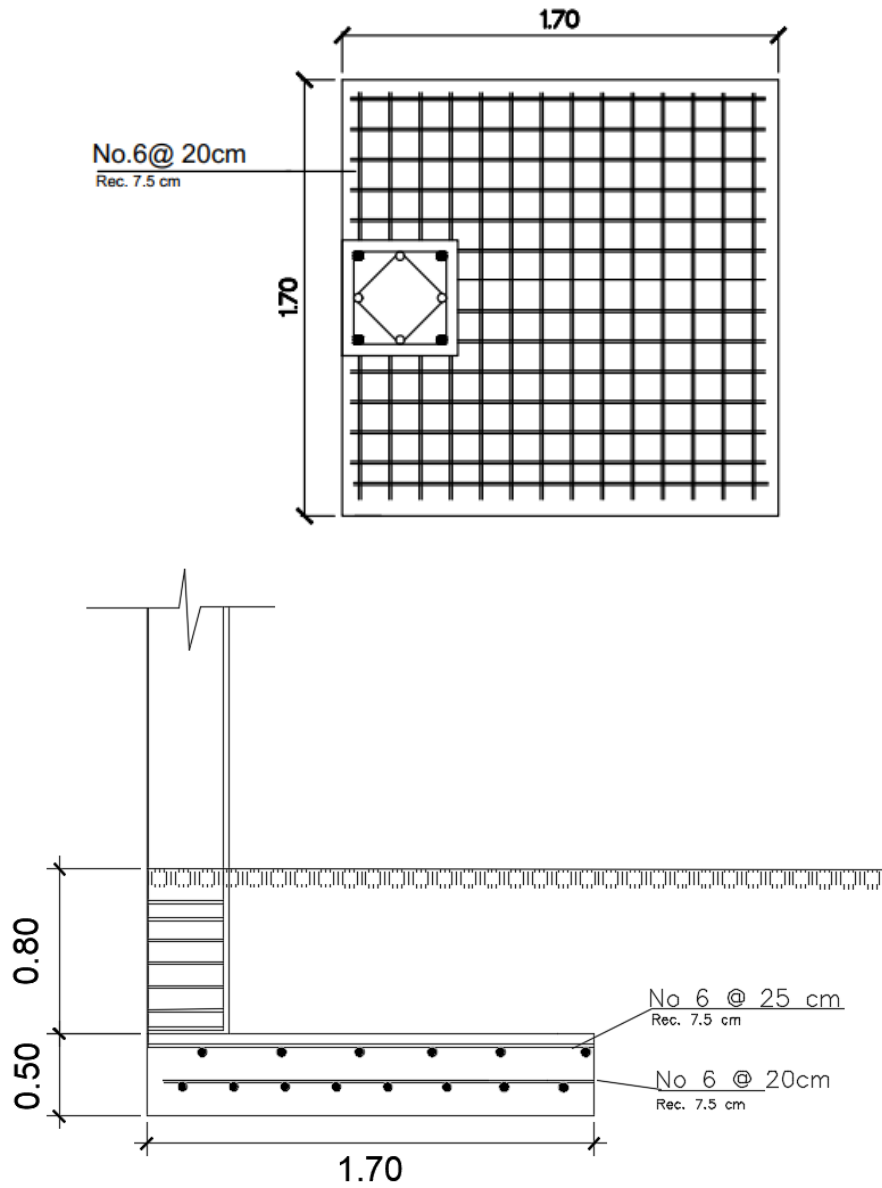
$$S_{superior} = \frac{AS_{varilla} * b}{AS_{temperatura}}$$

$$S_{inferior} = \frac{2,85 * 100}{10} = 28,5 \text{ cm}$$

Por criterio se utilizará un espaciamiento de 25 cm para la cama superior de la zapata.

Las zapatas excéntricas serán de 1,70 m por 1,70 m. En la cama inferior se utilizarán varillas de acero numero 6 @20 cm en ambos sentidos. En la cama superior se utilizarán varillas de acero numero 6 @25 cm en ambos sentidos.

Figura 29. **Detalle armado final de zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.7.5. Diseño de gradas

El que una escalera sea cómoda y segura depende de su relación de pendiente o la relación de huella y contrahuella. Las siguientes relaciones pueden garantizar la comodidad de una escalera:

$$C \leq 20 \text{ cm}$$

$$H > C$$

$$2C + H \leq 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$C + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$$

$$C \cdot H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Donde:

C= contrahuella y H= huella

- Procedimiento para el diseño de la escalera:

Relaciones de comodidad:

- $C = 17 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$
- $H = 30 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$
- $2C + H = 2 \cdot 17 + 30 = 64 \leq 64 \text{ cm}$
- $C + H = 17 + 30 = 47 \text{ cm}$
- $C \cdot H = 17 \cdot 30 = 510 \text{ cm}^2$

Número de escalones mínimo = $h/c = 3.60/0.17 = 21$ escalones.

Espesor de losa:

$$t = \frac{L}{24} = \frac{3,50}{24} = 0,145 \approx 0,15m$$

- Integración de cargas:

Carga muerta:

Peso propio de la escalera:

$$\gamma_c * \left(t + \frac{C}{2} \right) = 2\,400 * \left(0,15 + \frac{0,17}{2} \right) = 564 \text{ kg/m}^2$$

Acabados= 100 kg/m²

C.M= 664 kg/m²

Carga viva:

C.V escaleras= 500 kg/m

C_u= 1.4C.M +1,6 C.V= 1,4*664+1,6*500= 1 729,6 kg/m²

- Cálculo de momentos:

$$M(+) = \frac{C_u * L^2}{9} = \frac{1\,729,6 * 3,50^2}{9} = 2\,354,18 \text{ kg} - m$$

$$M(-) = \frac{C_u * L^2}{14} = \frac{1\,729,6 * 3,50^2}{14} = 1\,513,4 \text{ kg} - m$$

- Cálculo de acero:

$$A_{smim} = \frac{14,1}{4\,200} * b * d = \frac{14,1}{4\,200} * 100 * 12,5 = 4,20 \text{ cm}^2$$

- Área de refuerzo que requieren los momentos:

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f'c}{f_y} \right)$$

Para:

M (+)= 2 354,18 kg-m

$$A_s = \left[100 * 12,5 - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{2\,354,18 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \left(\frac{0,85 * 280}{4\,200} \right) = 5,17 \text{ cm}^2$$

M (-)= 1 513,4 kg-m

$$A_s = \left[100 * 12,5 - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{1\,513,4 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \left(\frac{0,85 * 280}{4\,200} \right) = 3,28 \text{ cm}^2$$

El acero requerido para resistir el momento positivo es mayor que el acero mínimo y el acero requerido para resistir el momento negativo. Entonces se diseña el refuerzo utilizando el acero requerido para cubrir el momento positivo.

Se propone utilizar varillas núm. 4, las cuales cubren un área de 1,27 cm².

$$5,17 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 - S$$

$$S = \frac{1,27 * 100}{5,17} = 24,56 \text{ cm}$$

Se usará una separación $S = 25 \text{ cm}$.

- Cálculo de acero por temperatura:

$$A_{\text{temp}} = 0,002 \cdot b \cdot t$$

$$A_{\text{temp}} = 0,002 \cdot 100 \cdot 15 = 3 \text{ cm}^2$$

$$3,00 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 - S$$

$$S = \frac{0,71 \cdot 100}{3} = 23,67 \text{ cm}$$

Se usará una separación de 24 cm.

El resumen del armado de las gradas es el siguiente:

Armado principal: varillas núm. 4 @ 25 cm

Acero por temperatura (sentido transversal): varillas núm. 3 @ 24 cm

2.1.7.6. Diseño de instalaciones

Toda edificación debe contar con las instalaciones adecuadas para su óptimo desempeño, para lo cual se definieron las características básicas de los elementos que componen cada una de las instalaciones.

2.1.7.6.1. Instalación de agua potable

El objetivo principal del diseño para el abastecimiento de agua potable es proveer el caudal de agua y los diámetros de tubería necesarios para que funcione el sistema en el momento requerido.

El análisis se basa en un sistema de ponderación de carga para cada accesorio asignándole un valor, el cual se conoce como, unidades Hunter o unidades de peso.

Las unidades Hunter fueron derivadas de mediciones estadísticas de consumo, por lo que a la escala de unidades Hunter le equivale una escala de demandas de caudal conocida. En la siguiente tabla se muestran las unidades de gasto.

Tabla XXXVIII. **Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso público)**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de Ropa		8	4.50	4.50
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	---
Inodoro	Con válvula semiautomática	8	8	---
Lavadero	Cocina hotel, restaurante	4	3	3
Lavadero	Repostería	3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	---
Bebedero	Múltiple	1*	1*	---
Lavatorio	Corriente	2	1.50	1.50
Lavatorio	Múltiple	2*	1.50	1.50
Botadero		3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	---
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	---

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 49.

Cálculo de un ramal: a cada uno de los artefactos se les asignará unidades de gasto o unidades Hunter (UH), para calcular el caudal que se utilizará para diseñar el ramal.

La cantidad de UH por nivel se desglosa de la siguiente manera:

Primer nivel:

- 7 inodoros= 7 X 5 UH= 35 UH

- 8 lavamanos= $8 \times 2 \text{ UH} = 16 \text{ UH}$
- 4 urinario= $4 \times 3 \text{ UH} = 12 \text{ UH}$

Total: 63 UH

Segundo nivel:

- 7 inodoros= $7 \times 5 \text{ UH} = 35 \text{ UH}$
- 4 urinarios= $4 \times 3 \text{ UH} = 12 \text{ UH}$
- 8 lavamanos= $8 \times 2 \text{ UH} = 16 \text{ UH}$

Total: 63 UH

A continuación se suman las unidades Hunter para los artefactos con válvula y los artefactos con tanque.

Utilizando la tabla 74, se asigna el caudal correspondiente al número de unidades Hunter calculadas. De esta forma se calcula el caudal que será transportado.

Tabla XXXIX. **Gastos probables para la aplicación del método Hunter (lt/s)**

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	---	40	0.91	1.74
4	0.16	---	42	0.95	1.78
5	0.23	0.91	44	1.00	1.82
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92
8	0.29	1.00	50	1.13	1.97
9	0.32	1.03	55	1.19	2.04
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29
18	0.50	1.27	80	1.45	2.35
20	0.54	1.33	85	1.50	2.40
22	0.58	1.37	90	1.56	2.45
24	0.61	1.42	95	1.62	2.50
26	0.67	1.45	100	1.67	2.55
28	0.71	1.51	110	1.75	2.60
30	0.75	1.55	120	1.83	2.72
32	0.79	1.59	130	1.91	2.80
34	0.82	1.63	140	1.98	2.85
36	0.85	1.67	150	2.06	2.95
38	0.88	1.70	160	2.14	3.04
No. de unidades	Gasto probable		No. de unidades	Gasto probable	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
170	2.22	3.12	390	3.83	4.60
180	2.29	3.20	400	3.97	4.72
190	2.37	3.25	420	4.12	4.84
200	2.45	3.36	440	4.27	4.96
210	2.53	3.44	460	4.42	5.08
220	2.60	3.51	480	4.57	5.20
230	2.65	3.58	500	4.71	5.31
240	3.75	3.65	550	5.02	5.57
250	2.84	3.71	600	5.34	5.83
260	2.91	3.79	650	5.85	6.09
270	2.99	3.87	700	5.95	6.35
280	3.07	3.94	750	6.20	6.61
290	3.15	4.04	800	6.60	6.84
300	3.32	4.12	850	6.91	7.11
320	3.37	4.24	900	7.22	7.36
340	3.52	4.35	950	7.53	7.61
380	3.67	4.46	1000	7.84	7.85

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 51.

En el primer nivel el ramal con más accesorios tiene:

- 3 inodoros= 3 X 5 UH=15 UH
- 6 urinarios= 6 X 3 UH= 18 UH
- 4 lavamanos= 4 X 2 UH= 8 UH

Total= 41 UH

$Q = Q_{\text{tanques}} (33 \text{ UH}) + Q_{\text{valvulas}} (8 \text{ UH})$

$Q = 0,79 \text{ lts/seg} + 0,29 \text{ lts/seg}$

$Q = 1,08 \text{ lts/seg}$

Se estima una velocidad de 2,6 m/s y se propone tubería de PVC. Con estos datos se procede a calcular el diámetro para dicho ramal.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,00108}{2,6} = 0,00027 \text{ m}^2$$
$$D = \left(\frac{0,00027 * 4}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,018 \text{ m} = 0,72 \text{ pulg} = 3/4"$$

El diámetro para la tubería principal se calcula a partir del siguiente caudal:

$Q = Q_{\text{tanques}} (94 \text{ UH}) + Q_{\text{valvulas}} (32 \text{ UH})$

$Q = 1,56 \text{ lts/seg} + 1,59 \text{ lts/seg}$

$Q = 3,15 \text{ lts/seg}$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,00315}{2,6} = 0,0012 \text{ m}^2$$
$$D = \left(\frac{0,0012 * 4}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,039 \text{ m} = 1,54 \text{ pulg} \approx 2"$$

El diámetro a utilizar en el circuito principal de distribución, que alimentará a los distintos niveles será de 2", los ramales que conectaran con las conexiones de los artefactos de ¾" y las conexiones a los artefactos de 1/2".

2.1.7.6.2. Instalación sanitaria

Las instalaciones de desagüe o evacuación, que tienen por objeto recoger el agua servida de cada aparato de consumo y conducirla a la red de alcantarillado, si existe, o al sistema de evacuación particular, cuando no hay alcantarillado.

Primero se debe determinar el tamaño de los sifones y derivaciones, para la descarga de aguas negras de los aparatos, utilizando la siguiente tabla:

Tabla XL. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	----	----	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	----	4	4	----	2	2

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 71.

La tabla anterior utiliza para las derivaciones un diámetro de 4 pulgadas para inodoros, 2 pulgadas para lavamanos y 2 pulgadas para los mingitorios.

Para el cálculo de la tubería colectora, que sirva para evacuar las aguas negras se utiliza la siguiente tabla:

Tabla XLI. **Diámetro de las derivaciones en colector**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 72.

Tomando en cuenta que existen 46 puntos de descargas que se unirán a la tubería colectora, se asigna un diámetro de 4 pulgadas con una pendiente del 2,5 % lo cual permite un número máximo de descargas de 96 unidades.

2.1.7.6.3. **Instalación pluvial**

La función del sistema de drenaje pluvial del edificio es la evacuación de agua de los techos y balcones del edificio lo más pronto posible, para evitar estancamientos que puedan producir filtraciones y humedad. Se colocarán 5 bajadas de agua pluvial para drenar la losa de cubierta del edificio.

El cálculo del diámetro se hace por medio del método racional. Para superficies permeables de techos el valor de la relación entre escorrentía y

cantidad de lluvia en el área, C varía entre 0,75 a 0,95. Al ser un techo de concreto, se asume una C de 0,9, con un tiempo de concentración t de 5 minutos y una frecuencia de ocurrencia de 20 años.

Con estos datos se calcula la intensidad de lluvia.

$$I = 6\,889,1 / (t + 39,5)$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia promedio en la zona drenada en mm/hora

t = tiempo de concentración en minutos

$$I = 6\,889,1 / (5 + 39,5) = 154,81 \text{ mm/hora}$$

El área de influencia máxima en las bajadas de agua pluvial es de 65,00 m².

Después de determinar la intensidad de lluvia, se determina el caudal.

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q= caudal en m³/seg

C = relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área

I = intensidad de lluvia en mm/hora

A = área a drenar en hectáreas

$$Q = \frac{0,90 \cdot 154,81 \cdot 0,0065}{360} = 0,0025 \frac{m^3}{seg} = 2,5 \text{ l/s}$$

Conocido el caudal y la pendiente del área o conducto, podrá determinarse el diámetro respectivo.

Para la obtención del diámetro en cms se utiliza la fórmula de Manning

$$D = \left(\frac{691\,000 \cdot Q \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D= diámetro interior del tubo, en cms

Q= caudal requerido en m³ / seg

n = coeficiente de rugosidad

S= pendiente

$$D = \left(\frac{691\,000 \cdot 0,0025 \cdot 0,009}{0,025^{1/2}} \right)^{3/8} = 5,6 \text{ cm} = 2,20 \text{ pulgadas}$$

Se utilizará una bajada de agua pluvial de 3 pulgadas y la tubería en suelo será de 4 pulgadas.

2.1.7.6.4. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas proveen la iluminación y fuerza eléctrica para el funcionamiento de equipo y electrodomésticos. Las instalaciones eléctricas se dividen en dos tipos: la de iluminación y la de fuerza.

El sistema eléctrico del edificio está constituido por 26 circuitos de iluminación y 34 de fuerza, con un máximo de 8 a 10 unidades por circuito. Para este proyecto las instalaciones eléctricas consistirán en 4 tableros, 2 en cada nivel, iluminarias fluorescentes de 20 x 40 cm en las aulas. Además, en los circuitos de fuerza se utilizarán tomacorrientes dobles en las aulas, las oficinas y centro de computación.

El amperaje está dado por la siguiente expresión:

$$I = P/V$$

Donde:

I = corriente (A)

P = potencia (Watts)

V = voltios (V)

A continuación se realiza el cálculo del circuito K de iluminación y el circuito K de fuerza.

Circuito K de iluminación: cuenta con 10 iluminarias de 2 x 40 W las cuales utilizarán 800 W de potencia.

$$I = P/V = 800 \text{ W}/120 \text{ V}$$

$$I = 6,66 \text{ A}$$

Circuito k de fuerza: consiste de 8 tomacorrientes las cuales consumirán 180 W cada uno, para un total de 1 440 W en todo el circuito.

$$I = P/V = 1\,440\text{ W}/120\text{ V}$$

$$I = 12\text{ A}$$

Las siguientes tablas muestran los flipones que serán utilizados y el calibre de alambre en cada circuito.

Tabla XLII. Circuitos de iluminación

ILUMINACIÓN							
CIRCUITO	LUMINARIAS	WATS	POTENCIA (WATTS)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FLIPON (A)	CONDUCTOR
NIVEL 1							
A	9	80	720	120	6.00	15	12 AWG, TW
B	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
C	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
D	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
E	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
F	9	80	720	120	6.00	15	12 AWG, TW
G	5	80	400	120	3.33	15	12 AWG, TW
H	7	80	560	120	4.67	15	12 AWG, TW
I	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
J	8	80	640	120	5.33	15	12 AWG, TW
K	10	80	800	120	6.67	15	12 AWG, TW
L	5	80	400	120	3.33	15	12 AWG, TW
NIVEL 2							
A	9	80	720	120	6.00	15	12 AWG, TW
B	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
C	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
D	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
E	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
F	9	80	720	120	6.00	15	12 AWG, TW
G	5	80	400	120	3.33	15	12 AWG, TW
H	7	80	560	120	4.67	15	12 AWG, TW
I	6	80	480	120	4.00	15	12 AWG, TW
J	8	80	640	120	5.33	15	12 AWG, TW
K	10	80	800	120	6.67	15	12 AWG, TW
L	5	80	400	120	3.33	15	12 AWG, TW

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Circuito de fuerza**

FUERZA							
CIRCUITO	CANTIDAD	WATS	POTENCIA (WATTS)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FLIPON (A)	CONDUCTOR
NIVEL 1 y 2							
A	6	180	1080	120	9.00	15	12 AWG, TW
B	6	180	1080	120	9.00	15	12 AWG, TW
C	6	180	1080	120	9.00	15	12 AWG, TW
D	6	180	1080	120	9.00	15	12 AWG, TW
E	6	180	1080	120	9.00	15	12 AWG, TW
F	6	180	1080	120	9.00	15	12 AWG, TW
G	6	180	1080	120	9.00	15	12 AWG, TW
H	6	180	1080	120	9.00	15	12 AWG, TW
I	8	180	1440	120	12.00	15	12 AWG, TW
J	4	180	720	120	6.00	15	12 AWG, TW
K	8	180	1440	120	12.00	15	12 AWG, TW
L	4	180	720	120	6.00	15	12 AWG, TW
M	4	180	720	120	6.00	15	12 AWG, TW
N	3	180	540	120	4.50	15	12 AWG, TW
O	1	180	180	120	1.50	15	12 AWG, TW
P	9	180	1620	120	13.50	15	12 AWG, TW
Q	5	180	900	120	7.50	15	12 AWG, TW

Fuente: elaboración propia.

2.1.7.7. Presupuesto de instituto básico de Linda Vista

A continuación, se presenta el presupuesto de instituto básico de Linda Vista.

Tabla XLIV. Presupuesto instituto básico de Linda Vista



MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA Guatemala, C.A.

CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO DEL PROYECTO

IDENTIFICACIÓN PROYECTO: Construcción del Instituto básico de dos niveles en la colonia Linda Vista

UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN: Colonia Linda Vista, Zona 4, Villa Nueva, Guatemala

NOMBRE DE SOLICITANTE: Municipalidad de Villa Nueva

Fecha: ago-18

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLÓN
1.00	PRELIMINARES				
1.01	Limpieza y chapeo	m²	611.66	Q 3.12	Q 1,908.38
1.02	Trazo y estaqueado	m²	611.66	Q 1.51	Q 923.61
1.03	Replanteo topográfico	m²	611.66	Q 2.52	Q 1,541.38
	SUBTOTAL			Q	4,373.37
2.00	MUROS				
2.01	Levantado de muro, Block de 0.14x0.19x0.39m	m²	1397.52	Q 202.59	Q 283,129.87
2.02	Solera hidrofuga	m	194.10	Q 196.71	Q 38,181.12
2.03	Solera intermedia	m	388.20	Q 252.57	Q 98,048.26
2.04	Cimiento corrido	m	194.10	Q 150.00	Q 29,115.00
	SUBTOTAL			Q	448,474.24
3.00	Vigas				
3.01	Viga tipo 1, 0.35mx0.70m acero grado 60 concreto 4000PSI	m	265.40	Q 2,136.84	Q 567,117.34
3.02	Viga tipo 2, 0.30mx0.50m acero grado 60 concreto 4000PSI	m	238.40	Q 1,371.47	Q 326,958.45
3.03	Viga tipo secundaria, 0.25mx0.50m acero grado 60 concreto 4000PSI	m	144.80	Q 1,221.02	Q 176,803.70
4.00	Columnas				
4.01	Columna tipo 1, 0.40mx0.40m, acero grado 60 concreto 4000PSI	m	201.60	Q 851.53	Q 171,668.45
5.00	Zapatas				
5.01	Zapatas concéntricas 1.70mx1.70mx0.40m,concreto 4000PSI	unidad	20.00	Q 3,856.75	Q 77,135.00
5.02	Zapatas excéntricas 1.70mx1.70mx0.50m,concreto 4000PSI	unidad	8.00	Q 4,492.88	Q 35,943.04
	SUBTOTAL			Q	1,491,855.34

Continuación de la tabla XLIV.

6.00	MODULO DE GRADAS Y LOSA PREFABRICADA						
6.01	Gradas huella 0.30m, contrahuella 0.17m, ancho 1.86m hierro grado 40, concreto martelinado 4000PSI	Global	1.00	Q	22,500.00	Q	22,500.00
6.02	Suministro e instalación de losa prefabricada, con vigueta y bovedilla, peralte terminado de 20 cm.	global	1.00	Q	117,828.84	Q	117,828.84
	SUBTOTAL					Q	22,500.00
7.00	ILUMINACION Y FUERZA						
7.01	Suministro e instalación eléctrica del sistema de iluminación	Global	1	Q	150,350.87	Q	150,350.87
7.02	Suministro e instalación del sistema eléctrico de fuerza	Global	1	Q	92,054.17	Q	92,054.17
	SUBTOTAL					Q	242,404.84
8.00	DRENAJE Y AGUA POTABLE						
8.01	Suministro e instalación de red de agua potable	Global	1	Q	100,483.46	Q	100,483.46
8.02	Suministro e instalación de red de drenaje sanitario	Global	1	Q	129,683.53	Q	129,683.53
8.03	Suministro e instalación de red de drenaje pluvial	Global	1	Q	59,655.23	Q	59,655.23
	SUBTOTAL					Q	289,822.22
9.00	LOZA SANITARIA						
9.01	Suministro e instalación de Inodoros de porcelana (incluye accesorios completos)	Unidad	14	Q	867.51	Q	12,145.14
9.02	Suministro e instalación de lavamanos (incluye accesorios completos)	Unidad	14	Q	854.01	Q	11,956.14
9.03	Suministro e instalación de uriniales (incluye accesorios completos)	Unidad	12	Q	2,453.76	Q	29,445.12
10.02	Suministro e instalación de ducha	Unidad	1	Q	815.00	Q	815.00
	SUBTOTAL					Q	54,361.40
10.00	ACABADOS						
10.01	Ensayetado + repello + alisado	m²	1,223.32	Q	115.46	Q	141,244.53
10.02	Ensayetado + repello + textura grado fino	m²	1,536.00	Q	126.80	Q	194,784.80
10.03	Suministro e instalación de azulejo mas cisa, h= 2.10 m	m²	94.08	Q	382.14	Q	35,951.73
10.04	Suministro e instalación de tabique de tablayeso doble cara, h= 2.00 mts	global	1.00	Q	37,450.00	Q	37,450.00
10.05	Suministro e instalación de tabique de tablayeso doble cara, h= 3.6 mts	global	1.00	Q	52,500.00	Q	52,500.00
	SUBTOTAL					Q	461,911.06
11.00	PISOS						
11.01	Suministro e instalación de piso ceramico de 0.45mx0.45m	m²	1,010.00	Q	230.00	Q	232,300.00
11.02	Suministro e instalación de adoquin decorativo	m²	141.00	Q	195.00	Q	27,495.00
	SUBTOTAL					Q	259,795.00
12.00	PUERTAS Y VENTANAS						
12.01	Suministro e instalación de puertas y ventanas	Global	1.00	Q	154,650.25	Q	154,650.25
	SUBTOTAL					Q	154,650.25
COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO						Q	3,430,147.72

En letras: Tres millones cuatrocientos treinta mil ciento cuarenta y siete con 72/100

Fuente: elaboración propia.

2.1.7.8. elaboraciones de planos finales

Para el diseño del instituto básico se realizaron 29 planos. Dichos planos se distribuyeron de la siguiente manera:

- Plano de ubicación
- Plano de localización
- Planta acotada
- Planta arquitectónica
- Planta de acabados

- Planta de secciones y elevaciones
- Planta de cimentaciones y columnas
- Plano de losas y vigas
- Plano de gradas
- Detalles estructurales
- Planos de instalaciones

2.2. Diseño de un sistema de drenaje sanitario en la zona 5, municipio de Villa Nueva

En esta sección se describe y detalla el diseño de un sistema de drenaje sanitario. Se describe el proyecto hidráulico, se detallan los cálculos y parámetros de diseño.

2.2.1. Descripción del proyecto

Dentro de Villa Nueva, especialmente en la zona 5 las comunidades aun padecen escasez en infraestructura. Con el diseño y ejecución de proyectos, se contribuirá a la ampliación y cobertura de los servicios de infraestructura en la comunidad. En la zona 5, no se cuenta con un sistema de drenaje sanitario diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas residuales. Actualmente las aguas residuales son vertidas directamente en la calle, provocando así muchos malos olores y aumentando el riesgo de enfermedades para la población. Con la aplicación y ejecución de este proyecto se pretende mejorar el nivel y calidad de vida de los beneficiados y evitar la continua degradación del medio ambiente.

2.2.1.1. Alcances del proyecto

Para mejorar la calidad de vida se propone el diseño de un drenaje sanitario, el cual pretende recolectar, transportar y después de un tratamiento, ser desfogado. Dicho proyecto brindará a los habitantes bienestar y aumentará su calidad de vida. El sistema consta de 1,6 kilómetros aproximadamente. Dicho proyecto beneficiará a 4 000 habitantes aproximadamente.

2.2.1.2. Levantamiento topográfico

Antes de realizar cualquier proyecto es necesario realizar los estudios topográficos correspondientes para poder determinar con exactitud los linderos o límites de la propiedad destinada al proyecto.

El levantamiento topográfico se realizó por medio de una estación total marca Topcon modelo GTS 263W, propiedad de la municipalidad. La estación total registra la posición, distancia y ángulos de todos los puntos que se quieran analizar. Se utilizó una brújula con la cual se pudo determinar el norte al iniciar los levantamientos.

2.2.1.2.1. Planimetría

El objetivo del primer tipo de levantamiento topográfico es determinar la posición relativa de uno o más puntos sobre un plano horizontal. A tal efecto, se miden las distancias horizontales y los ángulos horizontales o direcciones. Se usa el método llamado de planimetría.

2.2.1.2.2. Altimetría

El objetivo del segundo tipo de levantamiento topográfico es determinar la altura de uno o más puntos en relación a un plano horizontal definido. A tal efecto, se miden las distancias horizontales y las diferencias de altura; y también se trazan curvas de nivel.

2.2.2. Parámetros de diseño

El diseño del drenaje sanitario fue basado en criterios y normas para alcantarillados. Se tomaron criterios y parámetros de diseño de: Instituto de Fomento Municipal (INFOM), EMPAGUA y la municipalidad de Villa Nueva.

2.2.2.1. Periodo de diseño

El período de diseño es el periodo de funcionamiento eficiente del sistema. Pasado este periodo, es necesario rehabilitar el sistema. El sistema de alcantarillado será proyectado para cumplir adecuadamente su función durante un período determinado.

Instituciones como: El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), el INFOM, EMPAGUA, recomiendan que los alcantarillados se diseñen para un período de 15 a 40 años.

Para el diseño de este proyecto se adoptó un período de 23 años.

2.2.2.2. Diseño de secciones y pendientes

Para determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena de la tubería a utilizar, se utiliza la ecuación de Manning. Dicha ecuación se describe a continuación:

$$V = \frac{0,03429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V: es la velocidad en metros por segundo

D: es el diámetro interno de la tubería en pulgadas

n: el coeficiente de rugosidad

S: la pendiente de la tubería.

2.2.2.3. Velocidades de diseño

Las velocidades en el flujo están en función de la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y la clase de tubería utilizada. Con la ecuación de Manning anteriormente descrita se determina la velocidad y las relaciones hidráulicas v/V.

Donde:

v: es la velocidad del flujo

V: es la velocidad del flujo a sección llena.

En la siguiente tabla se muestran las velocidades mínimas y máximas para tuberías de PVC y de concreto.

Tabla XLV. **Velocidades mínimas y máximas según tipo de tubería**

Tipo de alcantarillado	Tubería PVC		Tubería de concreto	
	Vel. Mínima	Vel. Máxima	Vel. Mínima	Vel. Máxima
Sanitario	0,6 m/s	4 m/s	0,6 m/s	3 m/s

Fuente: parámetros de la Municipalidad de Villa Nueva, basado en Norma ASTM F-949.

2.2.2.4. Diámetros mínimos de tubería

El diámetro mínimo de tubería para alcantarillado sanitario es 6" de diámetro para tubería de PVC y de 8" para tubería de concreto.

Para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo con tubería de cemento es de 6" y de 4" para PVC.

El proyecto fue diseñado con tubería de PVC debido a que fue solicitado por la municipalidad de Villa Nueva.

Tabla XLVI. **Diámetros mínimos**

Tipo de tubería	Alcantarillado sanitario
PVC	6"
Cemento	8"

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

2.2.2.5. Pendientes

Es recomendado que la pendiente de la tubería sea la misma del terreno, para evitar costos excesivos de excavación y acarreo.

La pendiente de la tubería debe cumplir con las relaciones hidráulicas y velocidades permitidas.

En áreas donde la pendiente del terreno es mínima se recomienda acumular mayor cantidad de caudales para generar mayor velocidad.

2.2.2.6. Tirante mínimo y máximo

Se debe cumplir con los rangos permitidos expresados en la siguiente tabla.

Tabla XLVII. Tirantes mínimos y máximos

Tipo de alcantarillado	Parámetros
Sanitario	$0,10 \leq \frac{d}{D} \leq 0,75$

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.7. Relaciones hidráulicas

Para estudiar las relaciones hidráulicas, se comparan los resultados del cálculo obtenido con una sección parcialmente llena y una a su máxima capacidad, haciendo uso de la expresión algebraica de Manning.

$$Q = \frac{A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

Q= es el caudal en metros cúbicos por segundo

A= es el área de la sección en metros cuadrados

R_h = es el radio hidráulico

S = la pendiente de la tubería

N = es el coeficiente de rugosidad

Para agilizar los cálculos se utilizó la siguiente tabla de relaciones hidráulicas.

Tabla XLVIII. Relaciones hidráulicas

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614
0.0400	0.0134	0.2210	0.00223	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663

Continuación de tabla XLVIII.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.5262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

Fuente: INFOM.

2.2.2.8. Ancho de zanja

Para la instalación de tuberías se debe conocer que ancho de zanja se utilizará, el cual está en función del diámetro de tubería. Se utiliza para poder determinar cuánto será la excavación para su instalación.

Tabla XLIX. **Ancho de zanja**

Ø Tubería	Ancho (m)
6	0,60
8	0,60
10	0,65
12	0,70
14	0,75
15	0,75
16	0,80
18	0,85
20	0,90
22	1,00
24	1,20
26	1,20
28	1,20
30	1,30
36	1,35
40	1,40
42	1,45
50	1,60
60	1,95

Fuente: parámetros de la Municipalidad de Villa Nueva, basado en Norma ASTM D-3034.

2.2.2.9. Profundidades mínimas de tubería

La profundidad se determina en función de las cotas Invert. Se debe chequear que la tubería tenga un recubrimiento mínimo y adecuado para no ser dañada por el paso de vehículos y peatones. En las siguientes tablas se muestran las profundidades mínimas según el tipo de tubería.

Tabla L. **Profundidad mínima tubería de PVC**

Diámetros	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	36"	42"	48"
Tránsito liviano	60 cms	60 cms	90 cms	90 cms	90 cms	90 cms	90 cms	100 cms	100 cms	120 cms
Tránsito pesado	90 cms	90 cms	90 cms	110 cms	110 cms	120 cms	120 cms	120 cms	140 cms	140 cms

Fuente: Norma ASTM F-949.

Tabla LI. **Profundidad mínima tubería cemento**

Diámetros	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	36"	42"	48"
Tránsito liviano	117 cms	122 cms	128 cms	134 cms	140 cms	149 cms	165 cms	170 cms	175 cms	180 cms
Tránsito pesado	137 cms	142 cms	148 cms	154 cms	160 cms	169 cms	185 cms	200 cms	205 cms	215 cms

Fuente: INFOM.

2.2.2.10. Pozos de visita

Son elementos que forman parte del alcantarillado y cuyo propósito es servir como medios de inspección y limpieza.

Se recomienda ubicar pozos en los siguientes casos:

- Entre tramos de tubería no mayores a 100 metros
- En tramos iniciales
- En cambios de diámetro de tubería
- En cambios de pendiente
- En intersecciones de dos o más tuberías

Los diámetros de los pozos de visita serán diseñados en función del diámetro de la tubería utilizada. Los diámetros se muestran en la siguiente tabla.

Tabla LII. **Diámetros de pozos de visita**

Diámetro de tubería (m)	Diámetro mínimo de pozos (m)
10" (0.25 m)	1.50 m
12" (0.30 m)	1.50 m
14" (0.35 m)	1.50 m
16" (0.40 m)	1.50 m
18" (0.45 m)	1.50 m
20" (0.50 m)	1.50 m
22" (0.55 m)	1.75 m
24" (0.60 m)	1.75 m
26" (0.65 m)	1.75 m
28" (0.70 m)	1.75 m
30" (0.75 m)	1.75 m
36" (0.90 m)	2.00 m
40" (1.00 m)	2.00 m
50" (1.25 m)	2.00 m
60" (1.50 m)	2.00 m

Fuente: EMPAGUA. *Reglamento municipal para diseño y construcción de drenajes*, p. 13.

Según la altura de los pozos se colocará refuerzo.

Tabla LIII. **Refuerzo de pozos de visita en función de la altura**

Altura de pozo (m)	Ø Pozo (m)
0 a 4	Sin refuerzo
4 a 6	Con refuerzo
h>6	Fundidos

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.11. Cotas Invert

Es la distancia que existe entre el nivel del terreno natural y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota Invert sea, al menos, igual al recibimiento mínimo necesario de la tubería. Por lo tanto, las cotas Invert se calculan con base en la pendiente del terreno y a la distancia entre pozos.

Tipos de casos:

- Diámetro de tubería de entrada y el de tubería de salida son iguales

Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota Invert de salida estará, como mínimo, a 3 cm debajo de la cota Invert de entrada.

- Diámetro de tubería de entrada y el de tubería de salida no son iguales

Cuando a un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y salga otra de diferente diámetro, la cota Invert de salida estará, como mínimo, debajo de la cota Invert de entrada, igual a la diferencia de los diámetros de la cota Invert de entrada y salida.

- Diámetros de tuberías de entrada y el de tubería de salida son iguales

Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro a las que ingresan en él, la cota Invert de salida mínima estará a 3 cm debajo de la cota más baja que entre.

- Diámetros de tuberías de entrada y el de tubería de salida no son iguales

Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresan en este, la cota Invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor.

2.2.2.12. Disipadores de energía

Los disipadores de energía son elementos que generan una pérdida importante de energía cinética en el flujo. Son empleados en tramos con alta pendiente longitudinal.

Dependiendo de la diferencia entre la cota Invert de entrada con cota Invert de salida, se define si es necesario colocar un artefacto de disipación y de qué tipo.

- Pozo de visita sin artefacto disipador

Cuando la diferencia de alturas entre la cota Invert de entrada de una tubería y la cota Invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, no se coloca ningún disipador.

$$0,03\text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 0,25\text{ m}$$

- Colchón de agua

Cuando la diferencia de alturas entre la cota Invert de entrada de una tubería y la cota Invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se coloca un colchón de agua.

$$0,26\text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 0,75\text{ m}$$

- Codo disipador

Cuando la diferencia de alturas entre la cota Invert de entrada de una tubería y la cota Invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se coloca un codo disipador a 45° en función del diámetro de la tubería y la pendiente de la tubería. Este tipo de disipador regularmente solo se coloca para drenaje sanitario.

$$0,76\text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 2,00\text{ m}$$

- Bandejas disipadoras

Cuando la diferencia de alturas entre la cota invert de entrada de una tubería y la cota invert de salida de la siguiente tubería se encuentra en los siguientes valores, se debe colocar bandejas cuadradas las cuales están separadas en función del caudal de entrada.

$$2,01\text{ m} \leq \text{Cota invert entrada} - \text{Cota invert salida} \leq 6,00\text{ m}$$

2.2.3. Diseño del drenaje sanitario

A continuación, se describe el diseño hidráulico del sistema de drenaje sanitario.

2.2.3.1. Diseño del sistema a utilizar

La red a diseñar consiste en una longitud de 1 630 m aproximadamente, para lo cual se diseñaron 56 pozos de visita, los cuales se diseñaron de acuerdo a las especificaciones del reglamento de construcción del municipio de Villa Nueva.

Se diseñó una línea de conducción de drenaje sanitario que transportará las aguas hervidas a una planta de tratamiento, la cual por el momento no está funcionando. La línea de conducción del drenaje sanitario es la continuación de otro drenaje sanitario. Por lo que el diseño comenzará con un diámetro de tubería de 24 pulgadas.

2.2.3.2. Estudio de población

Es necesario prever el incremento de usuarios del sistema para poder lograr que el diseño satisfaga las exigencias futuras en el transcurso de su período de diseño.

Para el cálculo de la población, existen varios métodos. El método a utilizar es el Método geométrico cuya fórmula se describe a continuación.

$$Pf = Po * (1 + R)^n$$

Donde:

Pf= es la población futura

Po= es la población actual

R= es la tasa de crecimiento

n= es el período de diseño

$$R = \left(\frac{Pf}{Po}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

2.2.3.3. Dotación

Se utilizará una dotación de 200 l/hab/día. Dato establecido por la municipalidad de Villa Nueva.

2.2.3.4. Cálculo e integración de caudal sanitario

El caudal sanitario consiste en la sumatoria de los caudales domiciliarios, infiltración, conexiones ilícitas, industrial, comercial.

2.2.3.4.1. Caudal domiciliar

Se refiere a aguas residuales evacuadas por: viviendas y edificios. Para el cálculo se requiere del número de habitantes proyectado, el factor de retorno y la dotación de agua potable. La ecuación es la siguiente:

$$Q_{Dom} = \frac{Dot * \#hab * FDR}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{DOM}= es el caudal domiciliar en litros por segundo

Dot= es la dotación

#hab= es la cantidad de habitantes proyectada

FDR= es el factor de retorno del proyecto

- Factor de retorno

Es el porcentaje de agua que después de ser utilizada se devuelve al drenaje, como se mencionó anteriormente está en función de las costumbres sociales de la población. Dicho factor debe estar entre los siguientes valores.

$$0,70 \leq FDR \leq 0,98$$

Para el cálculo del caudal domiciliar se utilizará un factor de retorno del 80 %.

2.2.3.4.2. Caudal de infiltración

Es considerado como el flujo que se infiltra o penetra a través de la tubería, juntas entre tuberías y conexiones a pozos de visita y demás estructuras.

El INFOM establece que para la estimación del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas, debe tomarse en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad y el tipo de tuberías.

Tabla LIV. **Factor de infiltración**

Tipo de tubería	Factor de infiltración
PVC	0,010
Cemento	0,0025

Fuente: INFOM. *Factores de infiltración para tubería PVC*. p. 10.

El caudal de infiltración se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = \frac{F.I * (\frac{L_{tubería} + (\#casa * \#hab)}{1\,000})}{86\,400}$$

2.2.3.4.3. Caudal de conexiones ilícitas

Es el aporte de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de conexiones de tejados y patios. Existen varios métodos para calcular dicho caudal.

Para calcular el caudal se basó según lo establecido en los reglamentos generales para el diseño de alcantarillados y drenajes de UNEPAR - INFOM, es posible representar este caudal como el 10 % del caudal domiciliar.

$$Q_{ci} = 0,10 * Q_{Dom}$$

2.2.3.4.4. Caudal comercial e industrial

Son las aguas hervidas provenientes de las industrias, como fábricas de textiles, licores, alimentos, comercios, restaurantes, hoteles, entre otros. La dotación comercial varía según el establecimiento a considerarse y puede estimarse entre 300 a 1 500 lts/comercio/día. La dotación industrial dependerá del tipo de industria, pero puede estimarse entre 500 a 3 000 lts/industria/día.

Se calculan de la siguiente manera.

$$Q_{Ind} = \frac{\#ind * Dot}{86\,400}$$

$$Q_{com} = \frac{\#com * Dot}{86\ 400}$$

Para este proyecto no se tomarán caudales comerciales e industriales debido a que en el tramo analizado no se encuentran comercios ni industrias.

2.2.3.4.5. Caudal sanitario

Se define como sumatoria del caudal domiciliar, caudal comercial, caudal industrial, caudal de conexiones ilícitas y caudal de infiltración. Se utiliza para determinar el factor de caudal medio.

$$Q_s = \sum Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{ci}$$

2.2.3.4.6. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería, es determinado por la sumatoria de los caudales que contribuyen al sistema, dividido la cantidad de habitantes proyectados.

$$fqm = \frac{Q_s}{\#hab. futuro}$$

Donde:

Fqm= es el factor de caudal medio

Q_s= es el caudal sanitario en litros por segundo.

Este factor debe estar entre los valores de 0,002 y 0,005, ya que se podría caer en un sobrediseño o subdiseño, según sea el caso.

2.2.3.4.7. Factor de Harmond

También llamado factor de flujo instantáneo es un factor de seguridad que involucra al número de habitantes a servir en un tramo determinado. Este factor actúa principalmente en la hora pico, es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje. Se debe calcular para cada tramo de la red.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P/1\,000}}{4 + \sqrt{P/1\,000}}$$

Donde:

FH= es el factor de Harmond

P= es la cantidad de habitantes expresado en miles

2.2.3.4.8. Caudal de diseño

Para obtener el caudal que transportará la red de alcantarillado sanitario se utilizan los valores descritos en la siguiente expresión.

$$Qd = \#hab \times fqm \times FH$$

Donde:

Qd= es el caudal de diseño

#hab= es la cantidad de habitantes en cada tramo

fqm= es el factor de caudal medio

FH= es el factor de Harmond

2.2.3.5. Conexiones domiciliarias

Se debe construir una caja de registro o candela con una dimensión mínima de 38 centímetros de diámetro o 45 centímetros de lado, con 1 metro de profundidad. Si son tubos de concreto deberán colocarse verticalmente o bien con mampostería reforzada debiendo estar impermeabilizados.

Se denomina tubería secundaria la que une a la candela o caja de registro domiciliar con el colector principal, teniendo un diámetro mínimo de 4" para PVC y 6" para concreto. Para un flujo eficiente, deberá conectarse con pendiente mayor a 2 % y menor al 6", realizando la conexión con el colector principal en el medio diámetro superior, formando un ángulo de 45 grados a favor del flujo.

No se podrá realizar conexión domiciliar sin autorización de la municipalidad o el supervisor. Se podrá realizar conexiones individuales, transportando aguas residuales hacia el colector de una sola vivienda.

Para el diseño de este drenaje sanitario no se consideraron conexiones domiciliarias ya que dicho drenaje va a funcionar como una línea de conducción.

2.2.3.6. Cálculo de un tramo del sistema de alcantarillado sanitario

- Cálculo del tramo del PV 2 - PV 3
 - Cota inicial (CI) = 92,37 m

- Cota final (CF) = 92,16 m
- Distancia horizontal (DH) = 56,48 m
- Cálculo de la pendiente del terreno

$$S\% = \frac{(CI - CF)}{D.H} \times 100 = \frac{(92,37 - 92,16)}{56,48} \times 100 = 0,37 \%$$

- Población de diseño

Viviendas del tramo anterior = 3299

Viviendas del tramo a calcular = 0

Total, viviendas = 3 299

6 habitantes por casa

$$\# \text{ habitantes} = 3\,299 \times 6$$

$$\# \text{ habitantes} = 19\,794$$

$$Pf = Po (1 + R)^T$$

$$Pf = 19\,794 (1 + 0,03)^{23}$$

$$Pf = 39\,065 \text{ hab}$$

Po = 39 065 hab

R = 3 %

T = 23 años

Población futura = 39 065 hab

- Integración de caudales
 - Caudal domiciliar

Para el caudal domiciliar en este caso se utilizó un FDR de 0,80 y una dotación de 200 Lt/hab/día.

$$Q_{Dom\ futuro} = \frac{Dot \times \#hab \times FDR}{86\ 400}$$

$$Q_{Dom\ futuro} = \frac{200 \times 39\ 065 \times 0,80}{86\ 400}$$

$$Q_{Dom\ futuro} = 72.34\ lt/s$$

$$Q_{Dom} = 72.34\ lts/seg$$

- Caudal de infiltración

Se utilizará un factor de infiltración de 16 000. Para el caudal de infiltración ya que se utilizó tubería de PVC.

$$L_{tubería} = 56,48$$

$$\# \text{ casas} = \text{casas a conectarse} = 0$$

$$\# \text{ hab} = 6$$

$$Q_{inf} = \frac{F.I * (\frac{L\ tubería + (\#casa * \#hab)}{1\ 000})}{86\ 400}$$

$$Q_{inf} = \frac{16000 * (\frac{56,48 + (0 * 6)}{1\ 000})}{86\ 400}$$

$$Q_{inf} = 0,01$$

$$Q_{Inf} = 0,010\ lts/\ seg$$

- Caudal de conexiones ilícitas

En este caso para el diseño del drenaje sanitario se utilizó el parámetro de diseño del INFOM.

$$Q_{CI} = 0,10 \times Q_{DOM}$$

$$Q_{CI} = 0,10 \times 72,34$$

$$Q_{CI} = 7,23 \text{ Lt/s}$$

$$Q_{ci} = 7,23 \text{ lt/s}$$

- Caudal comercial y caudal industrial

Para este diseño de drenaje sanitario el caudal comercial e industrial fue nulo, ya que no existen comercios ni industrias que ingresan al sistema.

- Caudal sanitario

Se toma la sumatoria del caudal domiciliar, caudal de infiltración y caudal de conexiones ilícitas.

$$Q_s = \sum Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{ci}$$

$$Q_s = 72,34 \frac{\text{lt}}{\text{s}} + 0,08 \frac{\text{lt}}{\text{s}} + 7,23 \frac{\text{lt}}{\text{s}} + 0 \frac{\text{lt}}{\text{s}} + 0 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$Q_s = 79,59 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

- Factor de caudal medio

$$f_{qm} = \frac{Q_s}{\#hab. futuro}$$

$$f_{qm} = \frac{79,59 \text{ lt/s}}{39\,065 \text{ hab}}$$

$$f_{qm} = 0,002$$

$$F_{qm} = 0,002$$

Para el f_{qm} se utilizó el parámetro de Dirección General de Obras Públicas (DGOP), el cual indica que para un $f_{qm} \leq 0,002$ se debe utilizar 0,002 y para un $f_{qm} \geq 0,005$ se debe de utilizar 0,005. En este caso como el f_{qm} es menor a 0,002 se utiliza 0,002.

- Factor de Harmond

$$F_H = \frac{18 + \sqrt{P/1\,000}}{4 + \sqrt{P}/1\,000}$$

$$F_H = \frac{18 + \sqrt{39\,065/1\,000}}{4 + \sqrt{39\,065}/1\,000}$$

$$F_H = 2,37$$

$$F_H = 2,37$$

- Caudal de diseño

$$Qd = \#hab \times fqm \times FH$$

$$Qd = 39\,065 \times 0,002 \times 2,37$$

$$Qd = 184,84 \text{ lt/s}$$

$$Q_d = 184,84 \text{ lt/s}$$

- Diseño hidráulico

Diámetro de tubería: 24"

Pendiente de tubería propuesta = 2 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \left(\frac{0,03429}{0,01} \right) \times D^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$V = \left(\frac{0,03429}{0,01} \right) \times 24^{2/3} \times 0,02^{1/2}$$

$$V = 4,03 \frac{m}{s}$$

$$V = 4,03 \text{ m/s}$$

- Capacidad a sección llena

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times 0,6^2}{4}$$

$$A = 0,2827 \text{ m}^2$$

$$A = 0,2827 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A$$

$$Q = 4,03 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,2827 \text{ m}^2$$

$$Q = 1,14086 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1\,140,86 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$Q = 1\,140,86 \text{ l/s}$$

Relaciones hidráulicas

$$\frac{q}{Q} = \frac{184,84 \text{ l/s}}{1\,140,86 \text{ l/s}}$$

$$\frac{q}{Q} = 0,16$$

Como $q < Q$, de las tablas de relaciones hidráulicas se obtiene los siguientes valores.

$$\frac{v}{V} = 0,74 \text{ y } \frac{d}{D} = 0,27$$

- Velocidad de diseño

$$v = 0,74 \times 4,03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = 2,97 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Este drenaje a un período de diseño de 23 años, su velocidad estaría dentro de lo permitido, por lo tanto cumple.

$$0,60 \text{ m/s} \leq 2,97 \text{ m/s} \leq 4 \text{ m/s}$$

- Tirante

$$\frac{d}{D} = 0,27$$

Como la altura de tirante para un período de diseño de 23 años se encuentra dentro de los valores establecidos, el tirante cumple.

$$0,10 \leq 0,27 \leq 0,75$$

- Cotas Invert

Cota Invert de salida del PV-2

$$\text{CIS} = 89,28 - 0,03 = 89,25$$

Cota Invert de entrada al PV-3

$$\text{CIE} = (89,25) - (54,73 \times 2 \%) / 100 = 88,16 \text{ m}$$

La cota Invert de salida del PV-3 es de 88.13. La diferencia entre altura entre la cota Invert de entrada a la tubería del PV-3 a la cota Invert de salida a la tubería de PV-3 es de 0,03, por lo tanto, no se necesita un artefacto dissipador:

- Profundidad del pozo de visita
 - PV-2
 - Cota Invert de salida= 89,25 m
 - Cota de terreno inicial= 92,37 m
 - Altura de pozo= 92,37 – 89,25 = 3,12 m
 - PV-3
 - Cota Invert de salida=88,13 m
 - Cota de terreno inicial= 92,16 m
 - Altura de pozo= 92,16 – 88,13 = 4,03 m

- Excavación

$$Ex = \left(\frac{\text{prof de pozo inicial} + \text{pro de pozo final}}{2} \right) \times \text{Ancho de zanja} \times Dh$$

$$Ex = \left(\frac{3,10 \text{ m} + 4,0 \text{ m}}{2} \right) \times 1,20 \text{ m} \times 56,48 \text{ m}$$

$$Ex = 241,18 \text{ m}^3$$

- Relleno

$$Relleno = Exc - \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times 0,0254 \right) \times Dh$$

$$Relleno = 241,18 \text{ m}^3 - \left(\frac{\pi}{4} \times (24 \times 0,0254)^2 \right) \times 56,48 \text{ m}$$

$$Relleno = 224,70 \text{ m}^3$$

2.2.3.7. Desfogue

El sistema de alcantarillado sanitario desembocara a una planta de tratamiento ya existente.

2.2.3.8. Tabla drenaje sanitario

La tabla del diseño del drenaje sanitario se puede encontrar en los anexos de este trabajo de graduación.

2.2.3.9. Presupuesto de alcantarillado sanitario

A continuación se presenta el presupuesto de alcantarillado sanitario.

Tabla LV. Presupuesto de alcantarillado sanitario



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Guatemala, C.A.

PRESUPUESTO DE CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO DEL PROYECTO

IDENTIFICACIÓN PROYECTO:
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN:
NOMBRE DE SOLICITANTE:

DRENAJE SANITARIO
ZONA 5, VILLA NUEVA
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLÓN
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	Topografía, planimetría y altimetría.(Incluye cuadrilla de topografía y equipo)	día	10.00	Q 1,764.92	Q 17,649.22
				SUB TOTAL	Q 17,649.22
2.00	TUBERIA DE CONDUCCION				
2.01	Suministro y colocación de tubería PVC Ø24" Novalfort norma F949	ml	1600.00	Q 709.00	Q 1,134,400.04
				SUB TOTAL	Q 1,134,400.04
3.00	POZOS DE VISITA				
3.10	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.75m Profundidad (1.20-2.50) m, sin refuerzo.	Unidad	3.00	Q 8,236.02	Q 24,708.07
3.20	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.75m Profundidad (2.51-4.00) m, sin refuerzo.	Unidad	12.00	Q 12,847.05	Q 154,164.58
3.30	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, diámetro interno de 1.75m Profundidad (4.01-5.00) m, con refuerzo.	Unidad	14.00	Q 27,478.40	Q 384,697.66
3.40	Construcción de pozo de visita para drenaje pluvial, ladrillo tayuyo, diámetro interno de 1.75m Profundidad (5.00-6.00) m, con refuerzo.	Unidad	26.00	Q 28,214.62	Q 733,579.99
				SUB TOTAL	Q 1,297,150.30
				COSTO TOTAL ESTIMADO	Q 2,449,199.56

Fuente: elaboración propia.

El costo del proyecto será de dos millones cuatrocientos cuarenta y nueve mil ciento noventa y nueve con cincuenta y seis centavos.

CONCLUSIONES

1. La realización del proyecto de drenaje sanitario beneficiará a 3299 viviendas y 19 794 habitantes que integran una gran parte de la zona 5 del municipio de Villa Nueva. Dicho drenaje tiene una vida útil de 23 años, eliminando fuentes de contaminación, malos olores y enfermedades.
2. El alcantarillado sanitario tiene una longitud de 1 630 metros y cuenta con 56 pozos de visita. El costo de este drenaje es de Q 2 449 199,56.
3. La construcción del instituto básico contribuye al desarrollo de niños y jóvenes al ofrecerles infraestructura adecuada para su proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas instalaciones tienen la capacidad para albergar a 600 estudiantes simultáneamente. El costo del proyecto será de Q 3 430 147,72
4. El diseño del edificio educativo se elaboró con los criterios basados en los requerimientos arquitectónicos y estructurales establecidos por el Ministerio de Educación, el código ACI y AGIES.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar los materiales de construcción con las calidades establecidas en las especificaciones y los planos y que el ejecutor sea calificado para realizar un trabajo de óptima calidad.
2. Tomar en cuenta que el precio de la mano de obra y materiales de construcción puede cambiar en el tiempo y este factor puede elevar o disminuir el precio de cada proyecto.
3. Durante el proceso de construcción se debe garantizar la supervisión de los trabajos por parte de un profesional capacitado, ya sea un ingeniero civil o un arquitecto.
4. Brindar el mantenimiento de limpieza y cuidado correspondiente, una vez finalizada la construcción de dichos proyectos, con el objetivo de obtener obras durables y en buen estado.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Comité ACI 318. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-11)*. Estados Unidos: ACI, 2011. 385 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 218 p.
3. BRAJA M., Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4a ed. California, Estados Unidos: Thompson, 1999. 862 p.
4. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 146 p.
5. Instituto de Fomento Municipal. *Manual para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 29 p.
6. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 722 p.
7. RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 157 p.

APÉNDICES

- Apéndice 1. **Tabla de diseño hidráulico de alcantarillado sanitario en zona 5 de Villa Nueva**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.



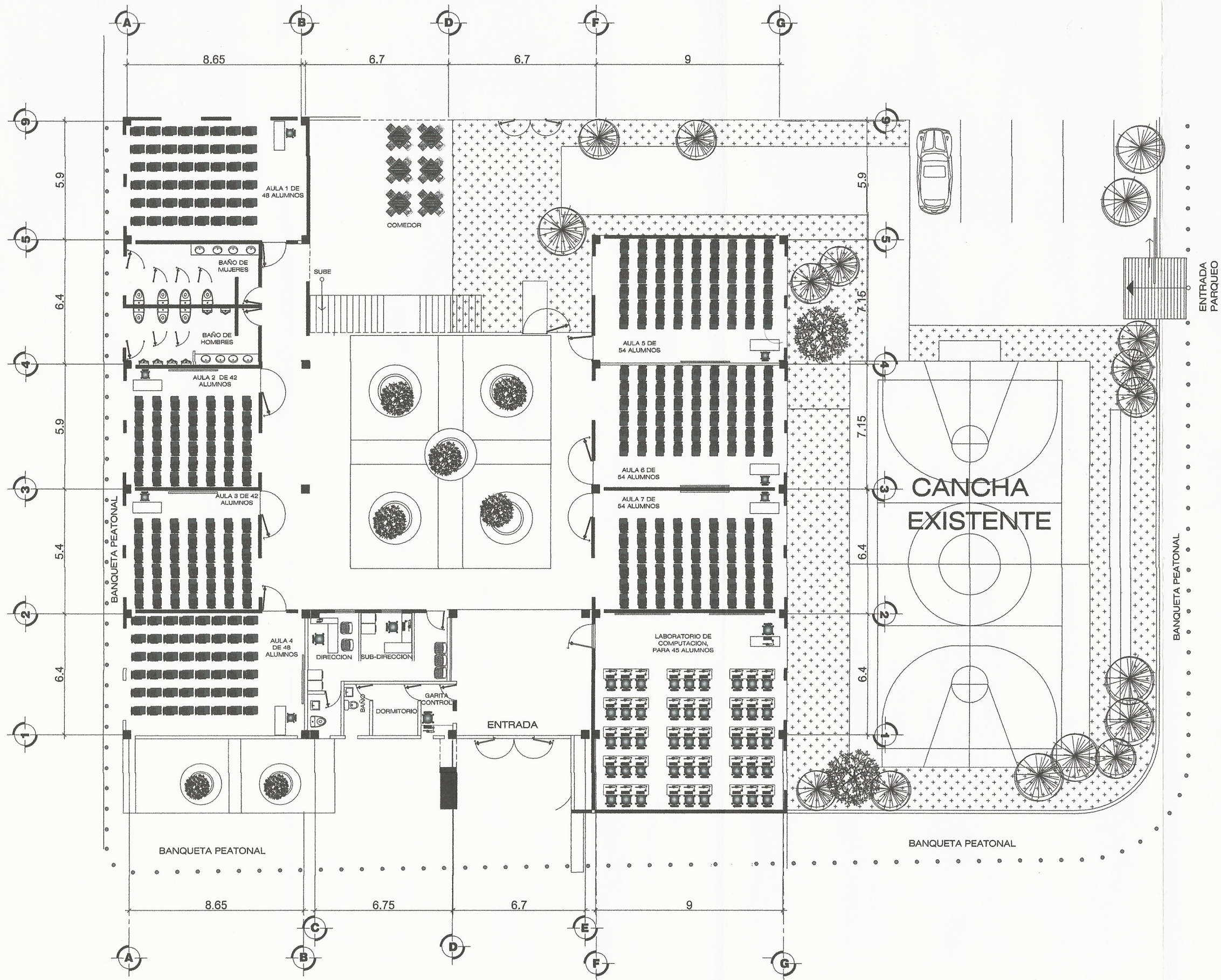
PLANO DE LOCALIZACION



PLANO DE UBICACION

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
EDIFICIO ESCOLAR		EPS UBAC 2018	
PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION		1200	
		2018	
DESARROLLADO POR: WAGNER PARRALES	REVISADO POR: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	1	29
ASISTENTE: DMP VILLA NUEVA	UNIDAD DE EPS, UBAC		
ELABORADO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FECHA: Ing. OSCAR ARGUETA		

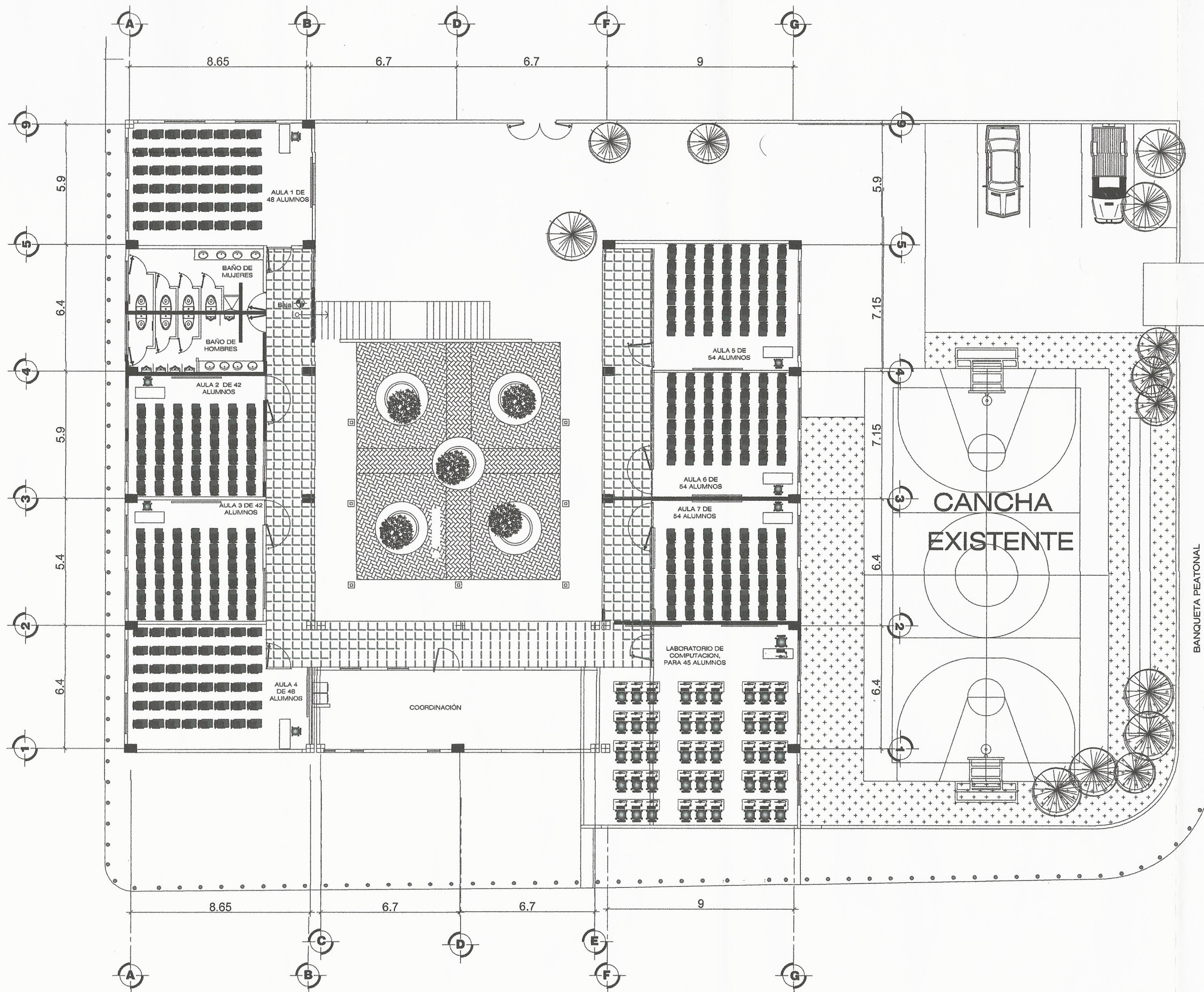


PLANTA ARQUITECTÓNICA PRIMER NIVEL

ESC: 1/200

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		PROGRAMA:	EPS USAC 2018
FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCALA:	INDICADA
PROYECTO:		FECHA:	2018
EDIFICIO ESCOLAR		PLANO ARQUITECTÓNICO PRIMER NIVEL	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA



PLANTA ARQUITECTONICA SEGUNDO NIVEL

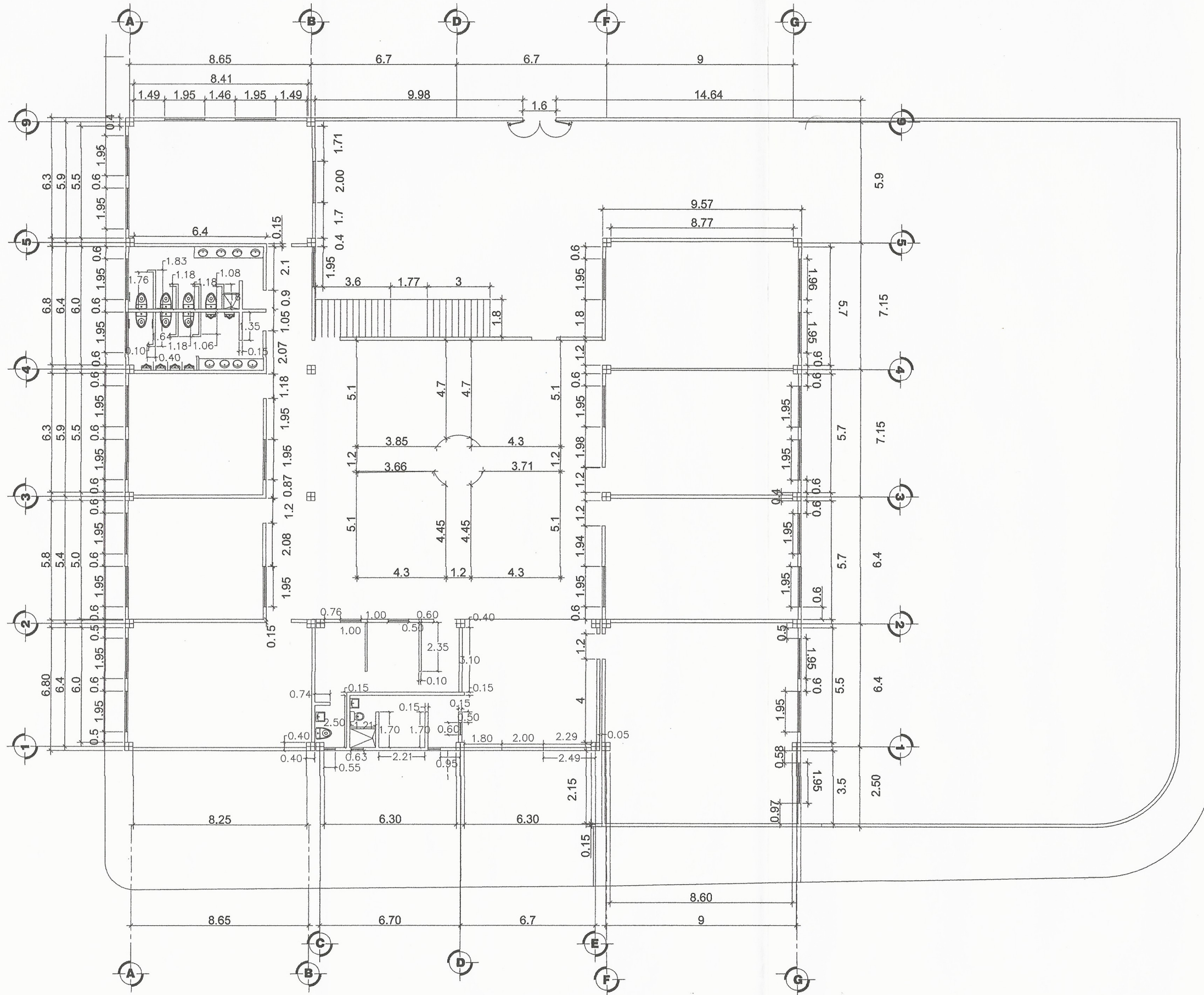
ESC: 1/200

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA ARQUITECTONICA SEGUNDO NIVEL		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA

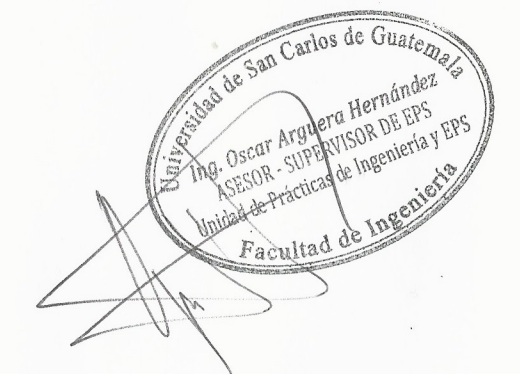
3

29

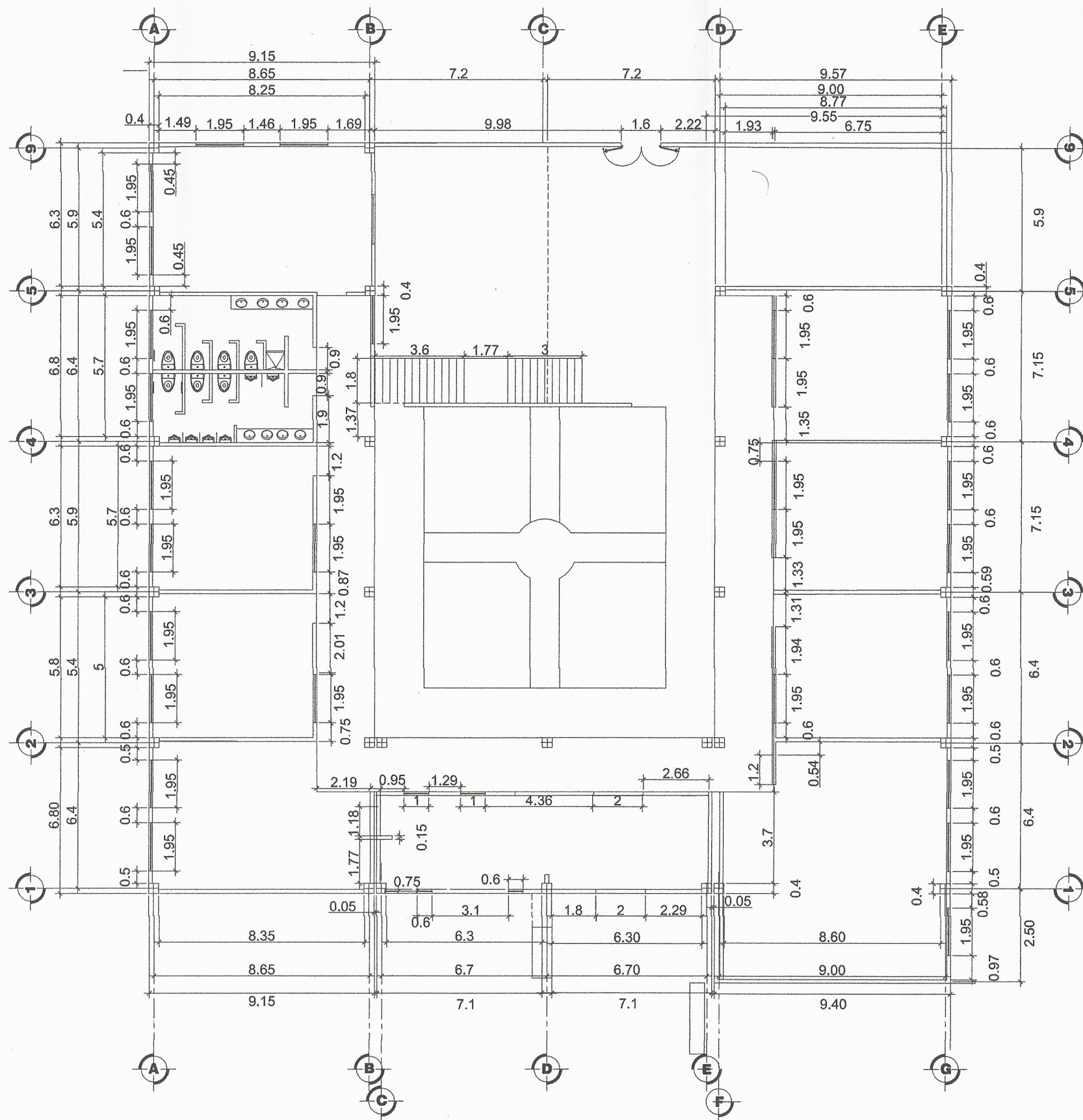


PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

ESC: 1/200

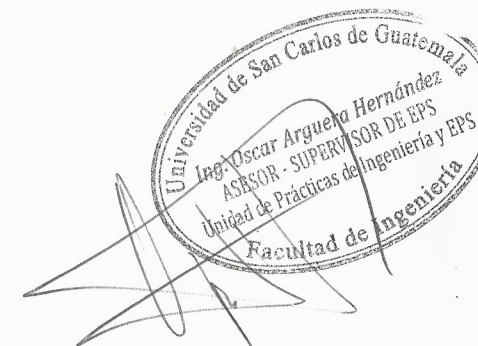


		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:		EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA: EPS USAC 2018
		PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL	ESCALA: INDICADA
			FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: WAGNER PAREDES		DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	
ASESORÍA: DMP VILLA NUEVA		SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC	
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA		FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA	

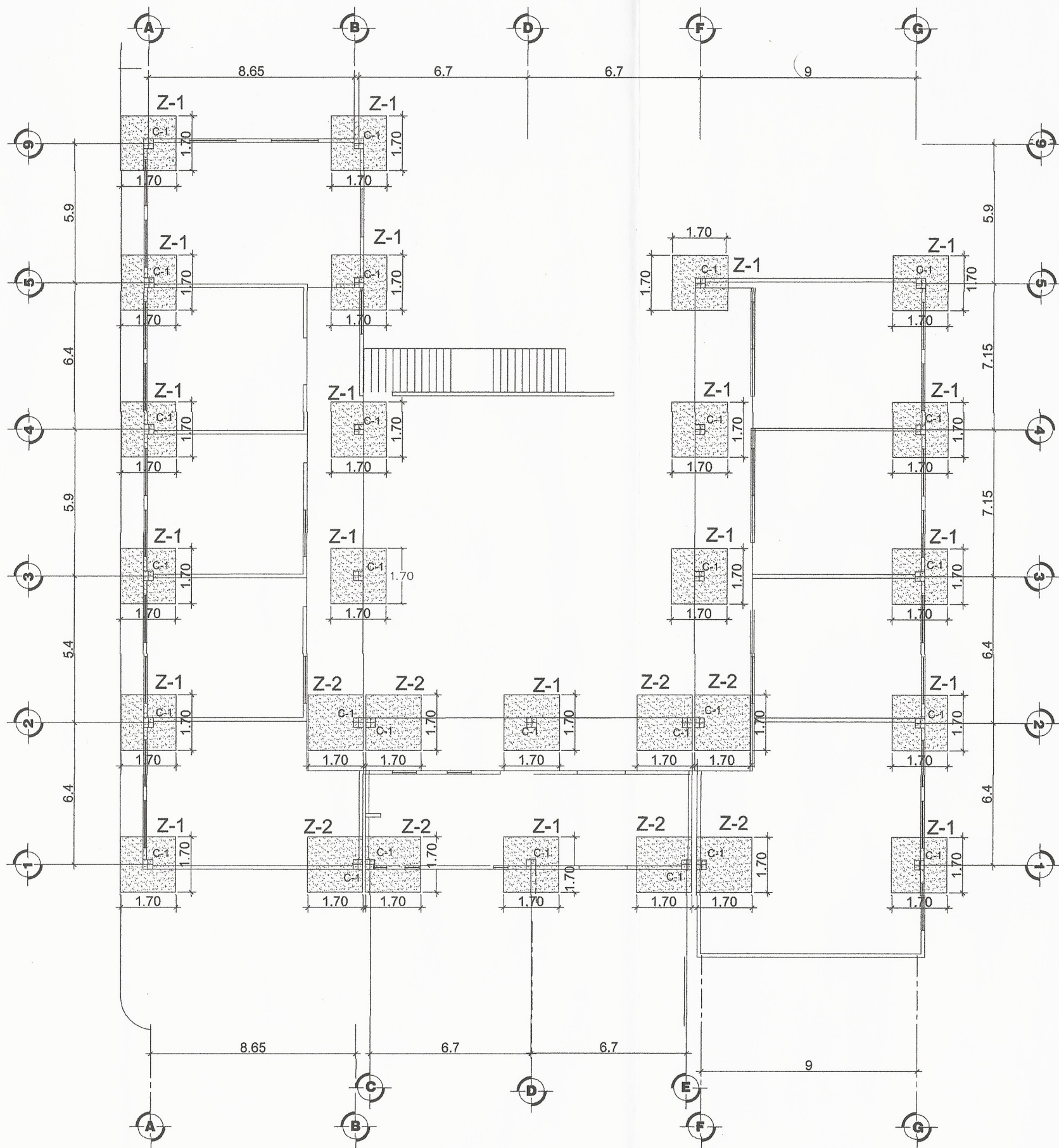


PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

ESC: 1/200



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:		EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA: EPS USAC 2018
		PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL	ESCALA: INDICADA
			FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES		DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	
ABESORIA: DMP VILLA NUEVA		SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC	
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA		FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA	

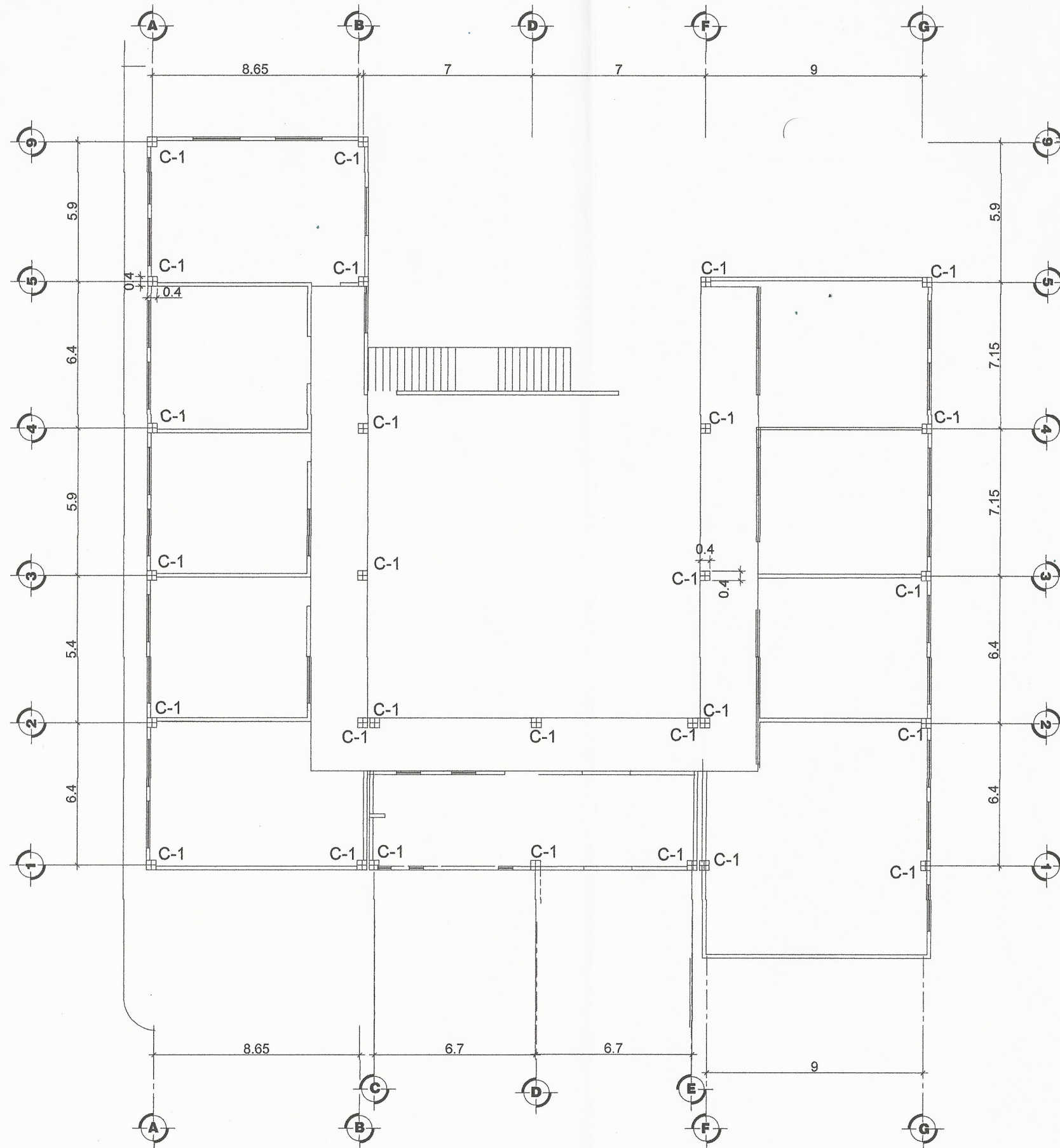


PLANTA DE COLUMNAS Y ZAPATAS PRIMER NIVEL

ESC: 1/200

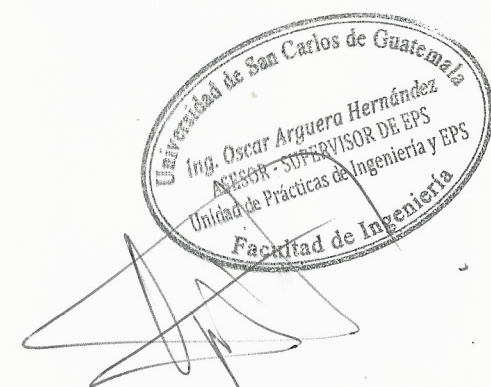



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA DE COLUMNAS Y ZAPATAS PRIMER NIVEL		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA

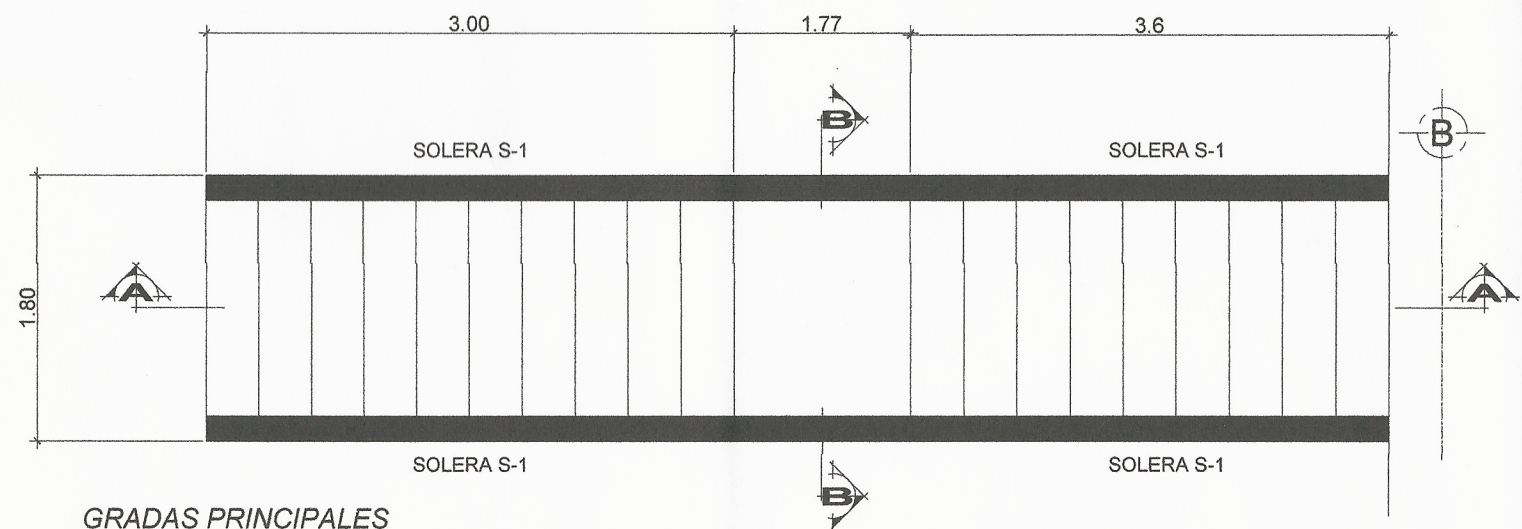


PLANTA DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

ESC: 1/200



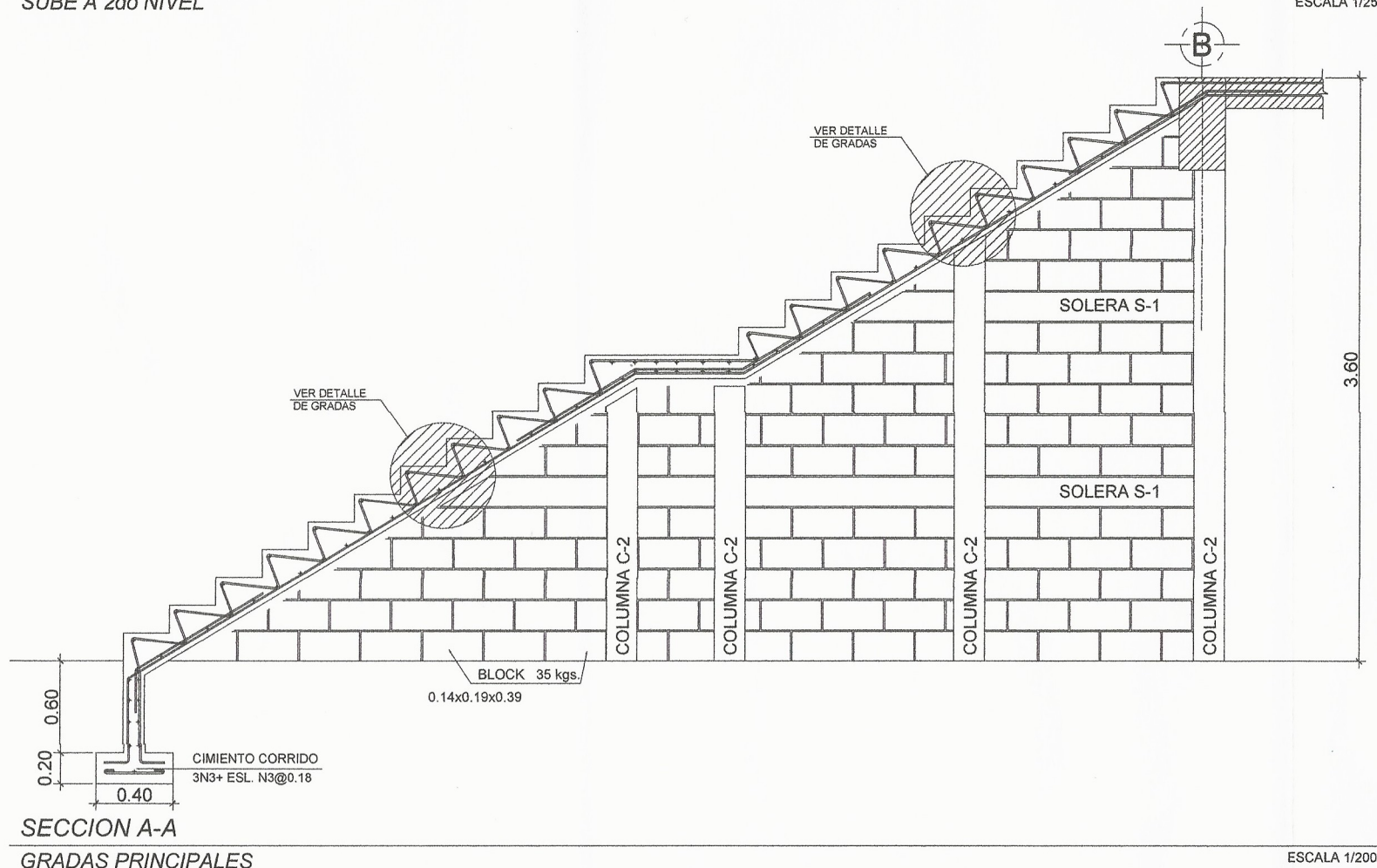
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:		EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA: EPS USAC 2018
		PLANTA COLUMNAS SEGUNDO NIVEL	ESCALA: INDICADA
			FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:		DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO:	7 29
WAGNER PAREDES		JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	
ASESORIA:		SUPERVISOR	
DMP VILLA NUEVA		UNIDAD DE EPS, USAC	
DIBUJO:		FIRMA:	
JUAN DIEGO LACAYO RIVERA		Ing. OSCAR ARGUETA	



GRADAS PRINCIPALES

SUBE A 2do NIVEL

ESCALA 1/25



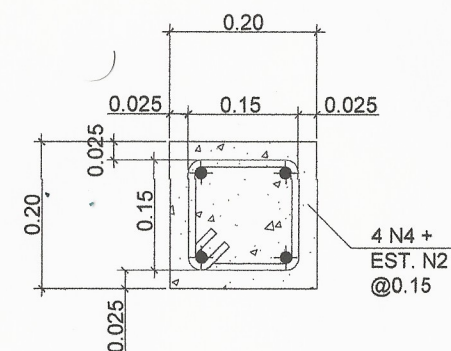
SECCION A-A

GRADAS PRINCIPALES

ESCALA 1/200

DETALLE DE GRADAS

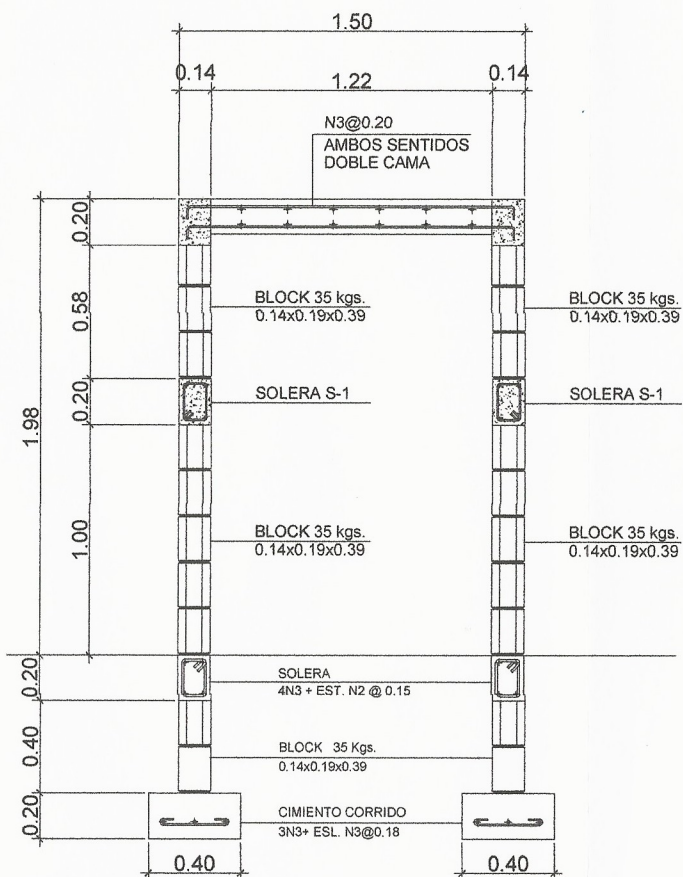
ESC: 1/200



COLUMNA C-2

Seccion

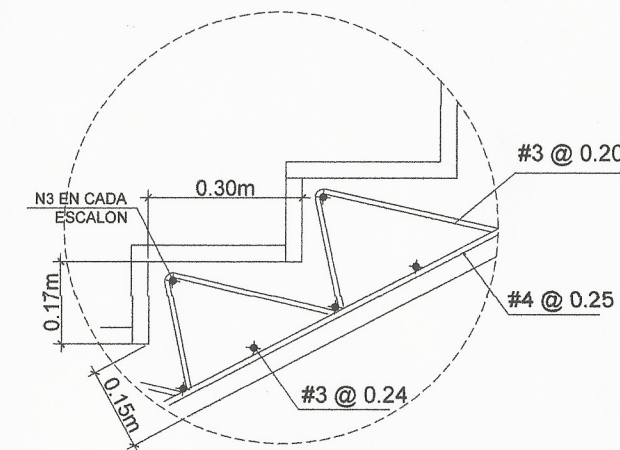
ESCALA 1/10



SECCION B-B

GRADAS PRINCIPALES

ESCALA 1/200

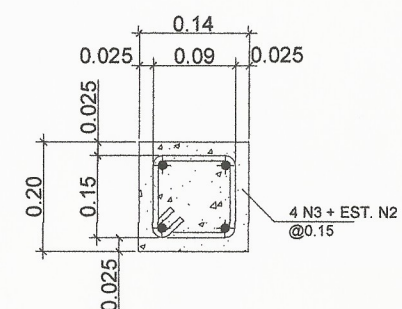


DETALLE DE GRADAS

Seccion

ESCALA 1/10

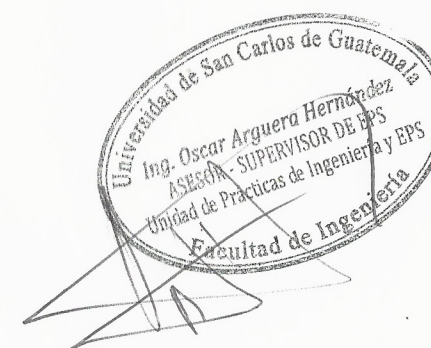
CONCRETO 4000 PSI



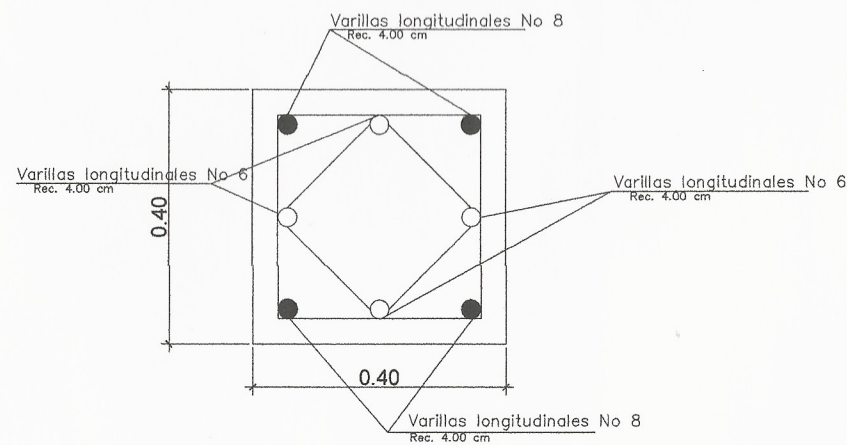
SOLERA S-1

Seccion

ESCALA 1/10



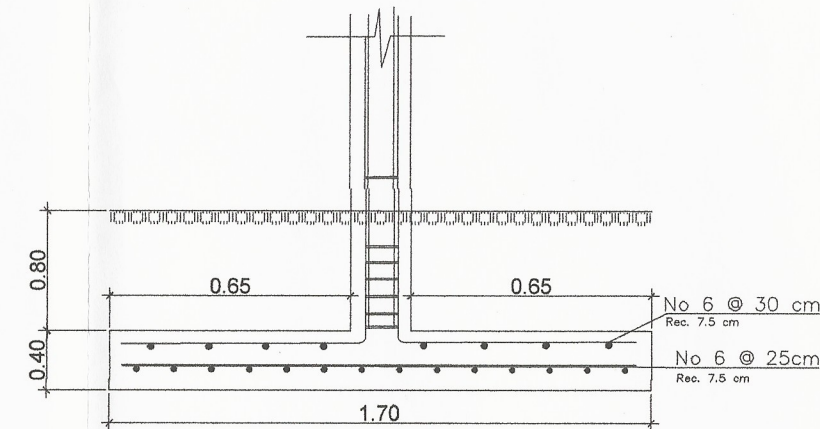
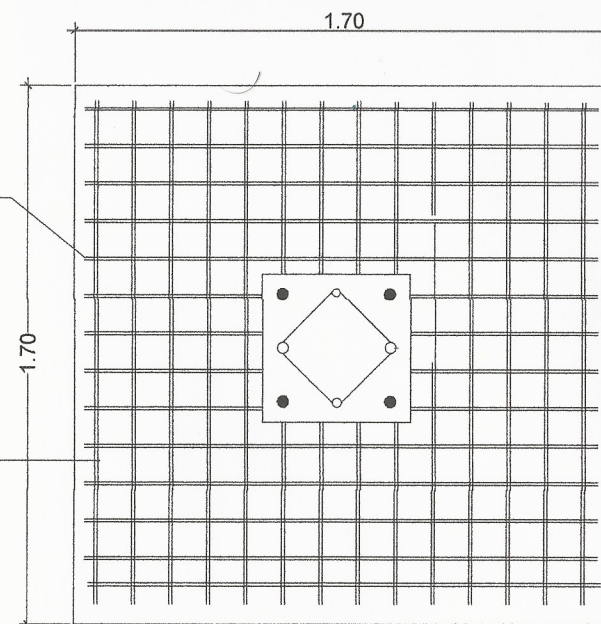
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
DETALLE DE GRADAS		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA



COLUMNA C-1
DE NIVEL 1 & NIVEL 2

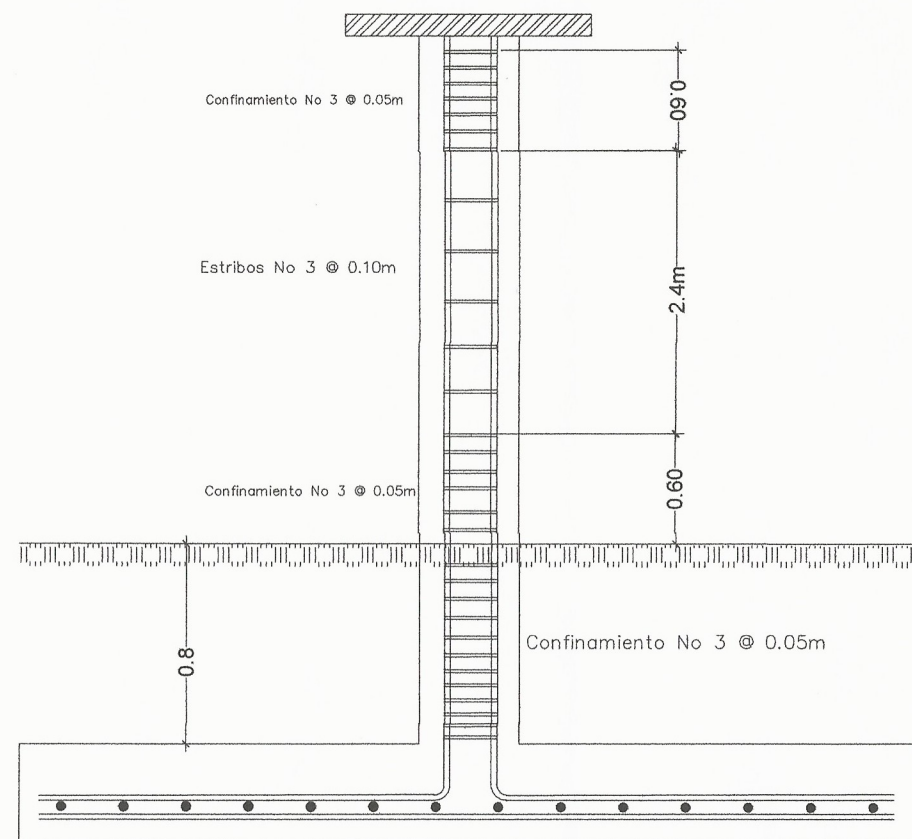
CAMA SUPERIOR
No.6@ 30cm
Rec. 7.5 cm

CAMA INFERIOR
No.6@ 25cm
Rec. 7.5 cm



DETALLE ZAPATAS CONCÉNTRICAS

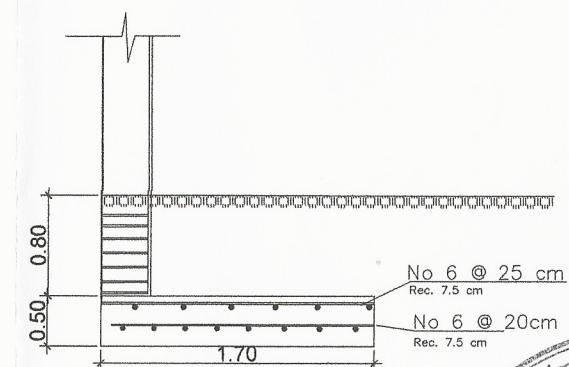
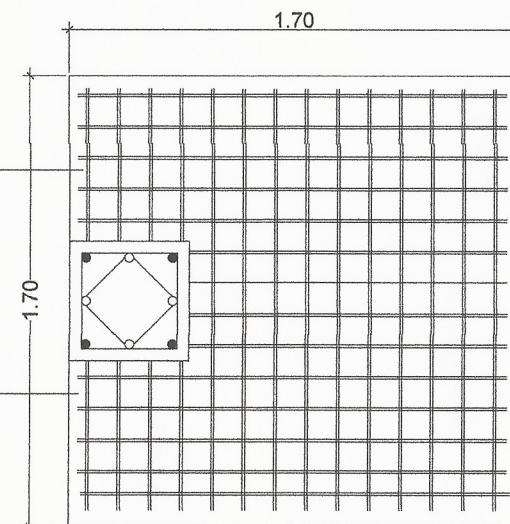
SIN ESCALA



DISTRIBUCION DE ESTRIBOS & ESL.
ELEVACION DE COLUMNAS

CAMA SUPERIOR
No.6@ 25cm
Rec. 7.5 cm

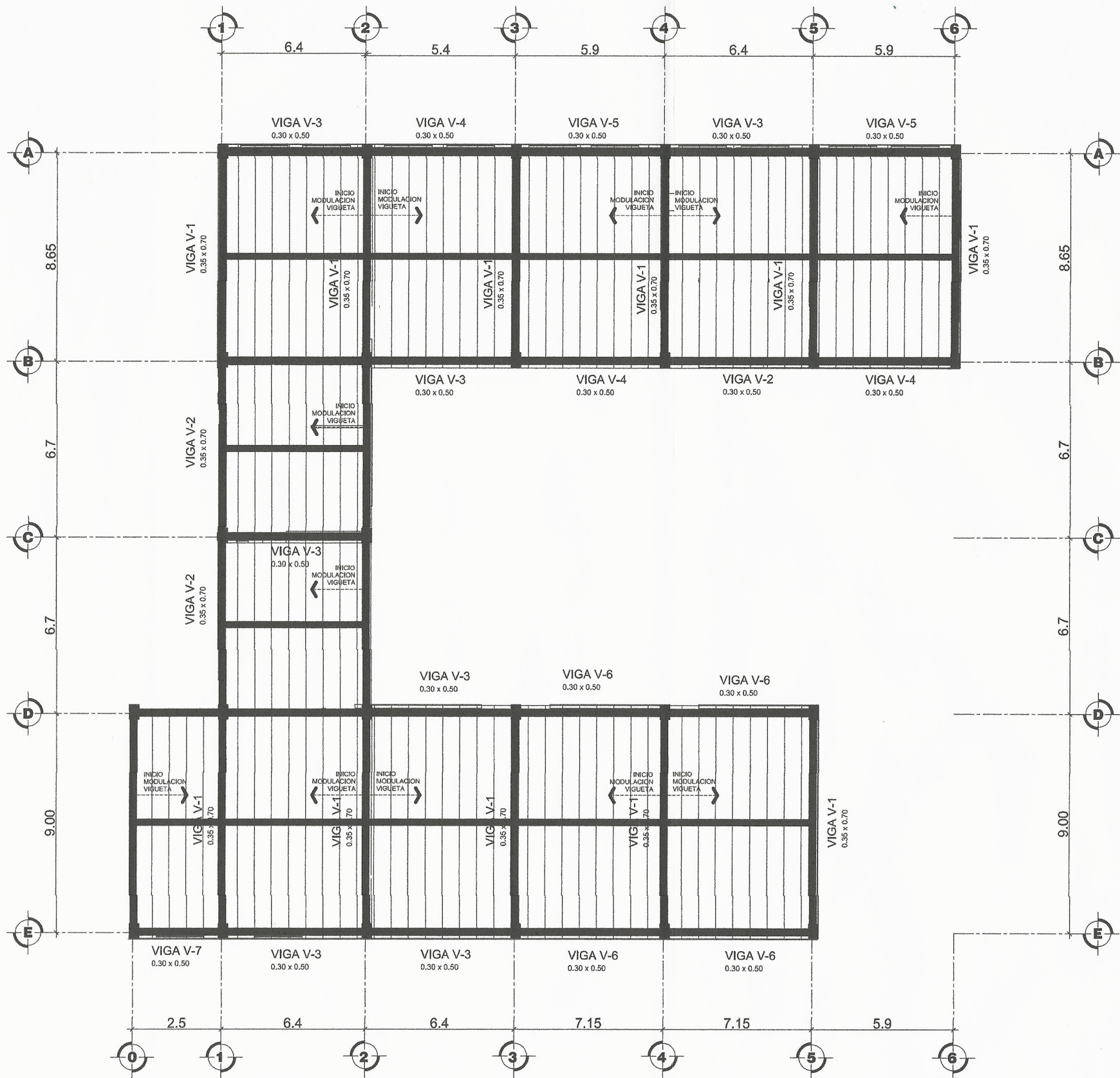
CAMA INFERIOR
No.6@ 20cm
Rec. 7.5 cm



DETALLE ZAPATAS EXCÉNTRICAS

SIN ESCALA


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		PROGRAMA: EPS USAC 2018	
FACULTAD DE INGENIERIA		ESCALA: INDICADA	
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR		FECHA: 2018	
DETALLE DE COLUMNAS Y ZAPATAS			
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	9 29	
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC		
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA		

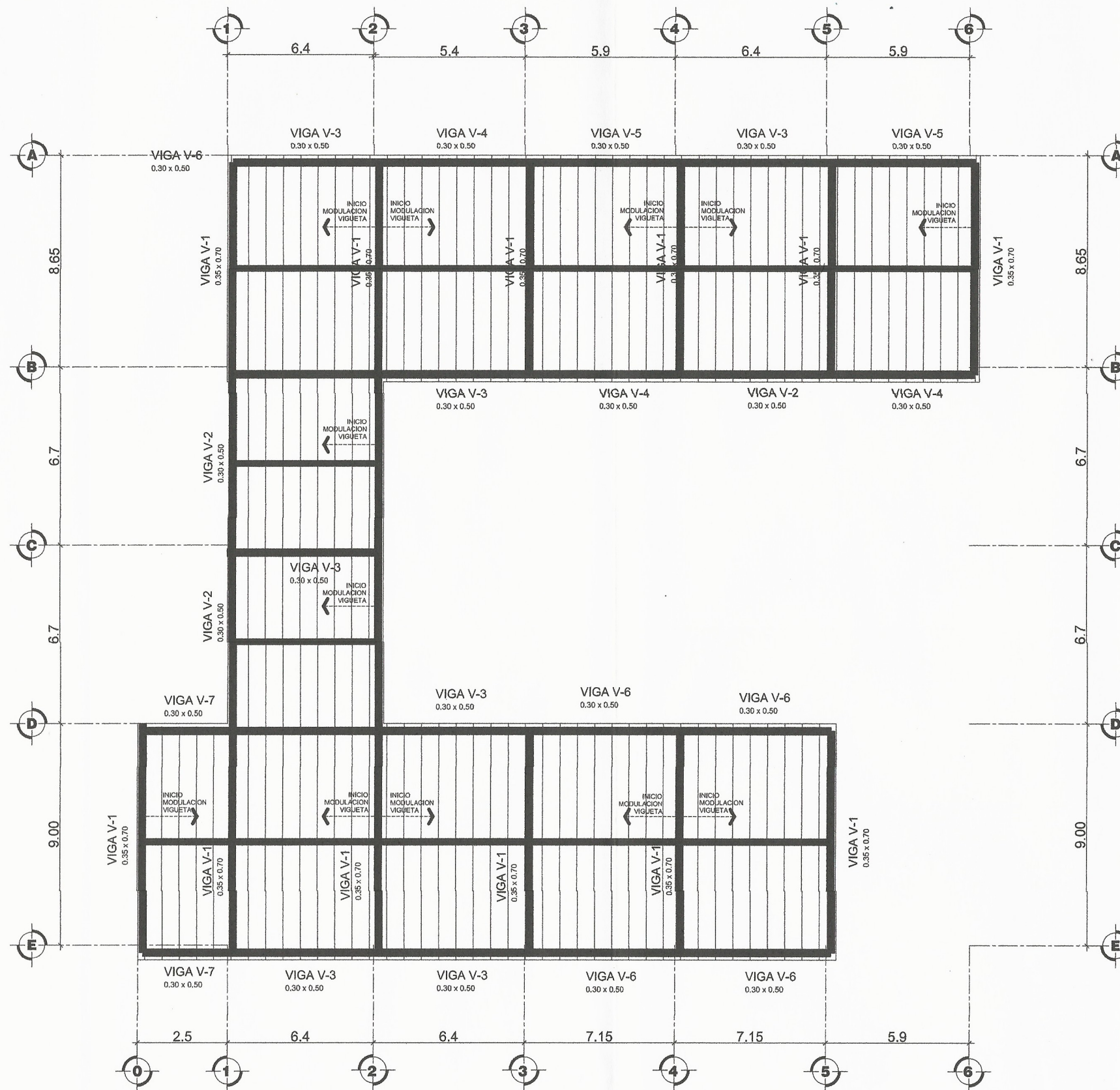


PLANTA DE VIGAS Y LOSAS PRIMER NIVEL

ESC: 1/200




		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:		EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA DE VIGAS Y LOSAS PRIMER NIVEL		ESCALA: INDICADA	FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	10 29	
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC		
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA		

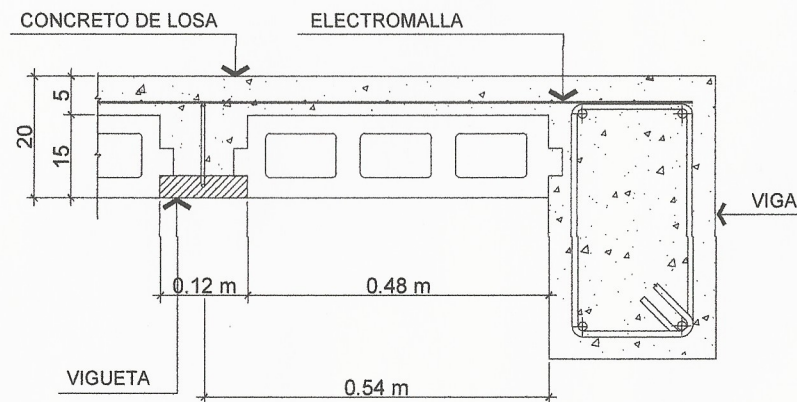


PLANTA DE VIGAS Y LOSAS SEGUNDO NIVEL

ESC: 1/200

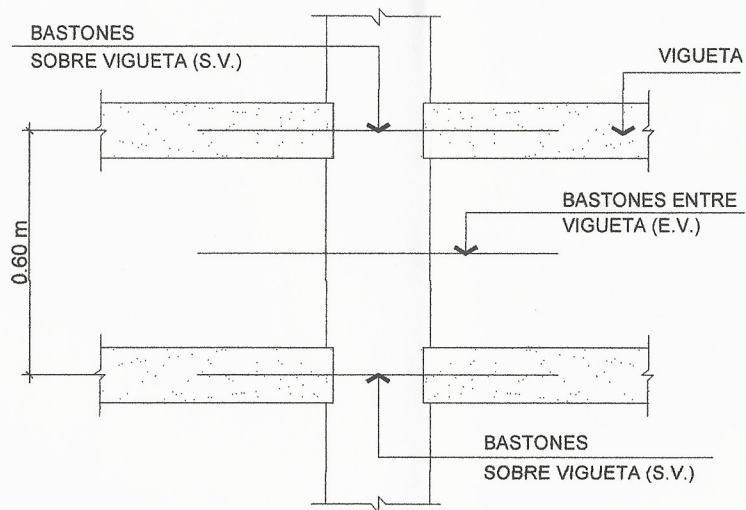
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:		EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA: EPS USAC 2018
		PLANTA DE VIGAS Y LOSAS SEGUNDO NIVEL	ESCALA: INDICADA
			FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	11 29	
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC		
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA		



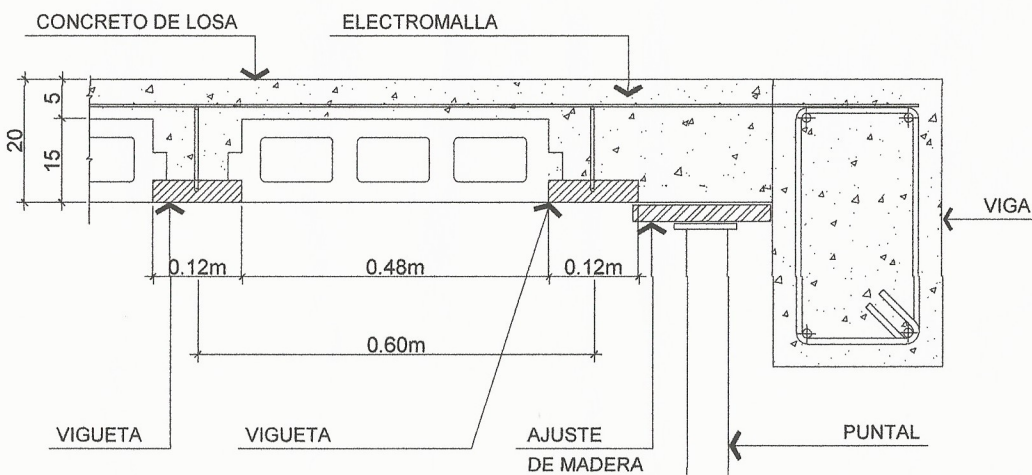
MODULACION

INICIO DE LOSA



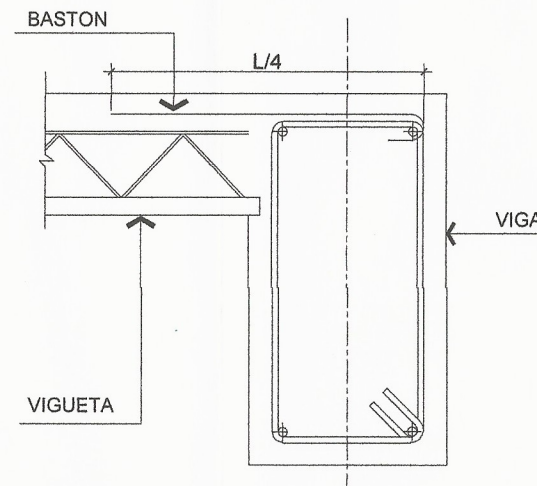
MODULACION

BASTONES



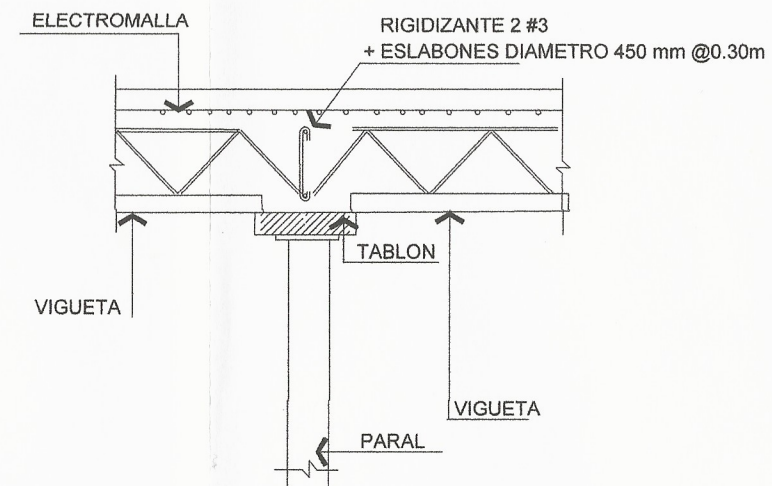
MODULACION

REMATE DE LOSA

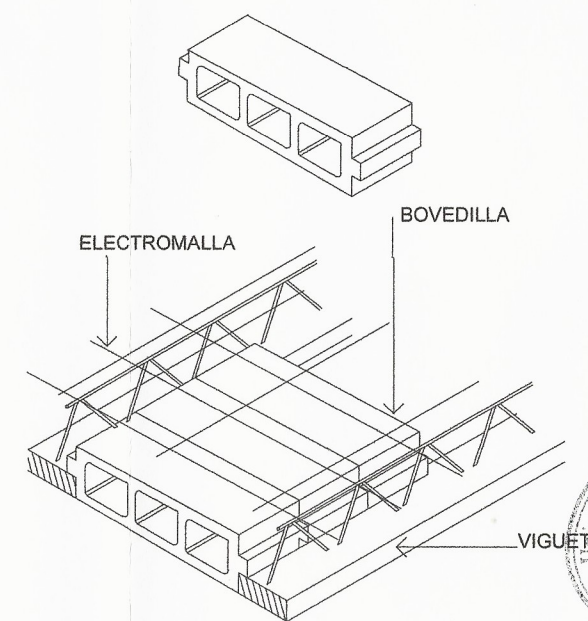


BASTONES

EN VIGA LATERAL



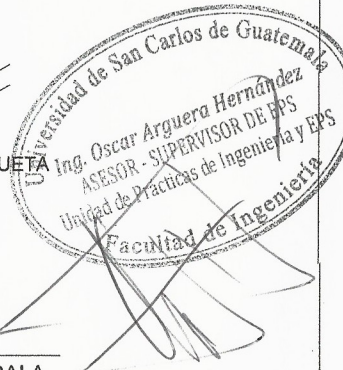
RIGIDIZANTE



VIGUETA+BLOCK

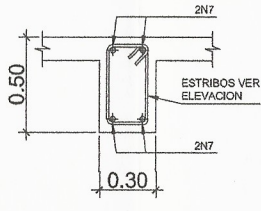
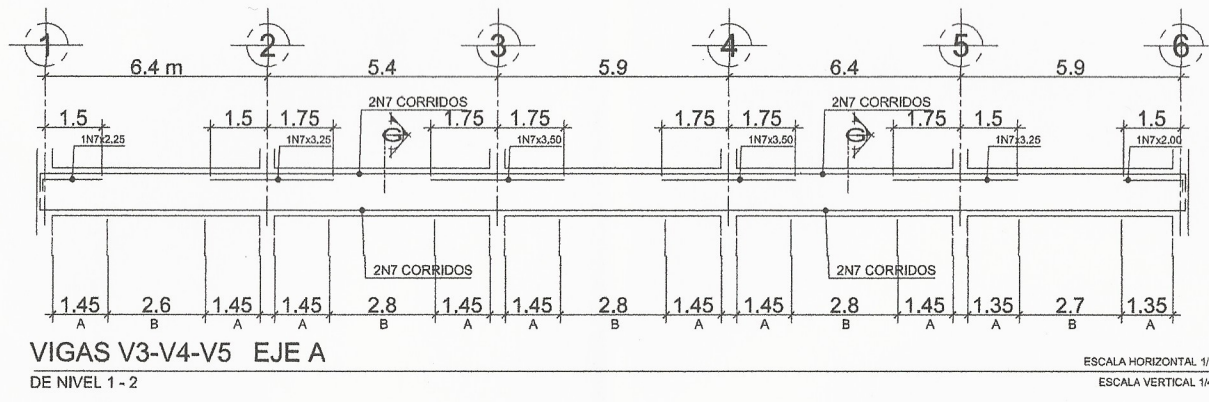
ISOMETRICO

SIN ESCALA



ESPECIFICACIONES DE SISTEMA LOSA DE VIGUETA Y BOVEDILLA	
CARGA VIVA DE DISEÑO	200 KG/CM2
CARGA DE DISEÑO PARA ACABADOS	100 KG/CM2
PESO PROPIO (BOVEDILLA POMEZ)	300 KG/CM2

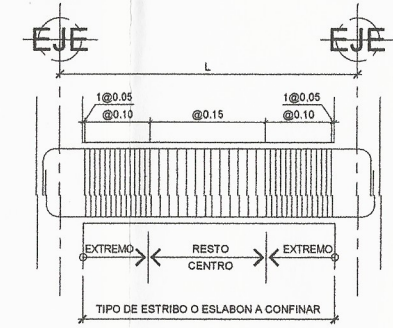
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR
PROGRAMA:	EPS USAC 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:	WAGNER PAREDES
DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA
SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA



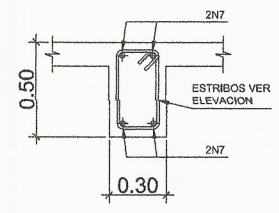
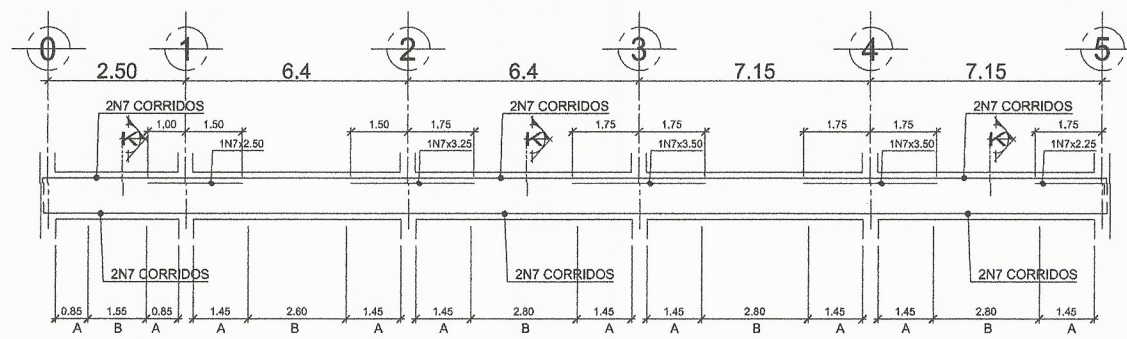
SECCION A
ESCALA 1/20

PLANILLA DE ESTRIBOS	
TIPO	REFUERZO
A	N3 : 1 @ 0.05, RESTO @ 0.10mts.
B	N3 : @ 0.15mts.

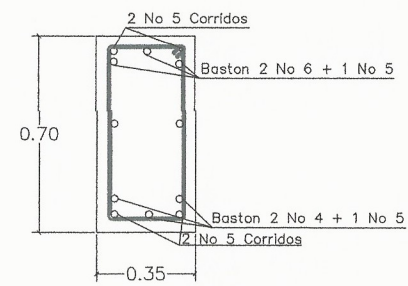
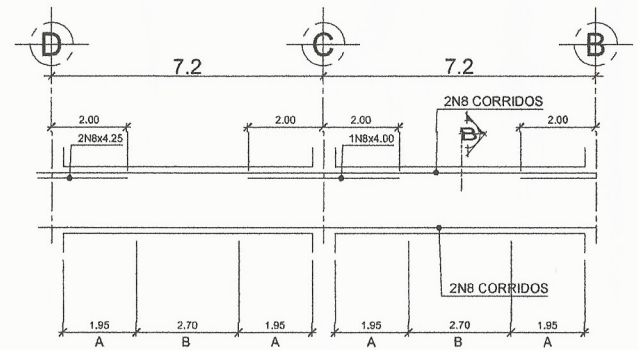
PLANILLA
DE CONFINAMIENTO
DE ESTRIBOS SIN ESCALA



ELEVACION TIPICA
DETALLE DE CONFINAMIENTO
DE ESTRIBOS SEGUN PLANILLA SIN ESCALA

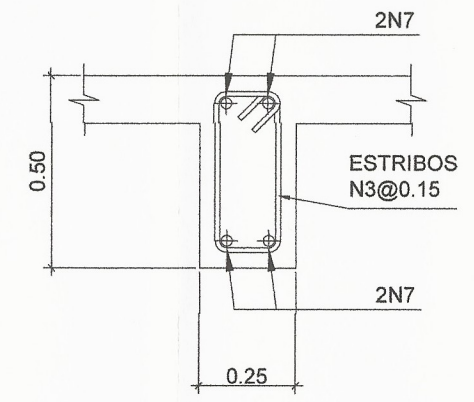


SECCION B
ESCALA 1/20

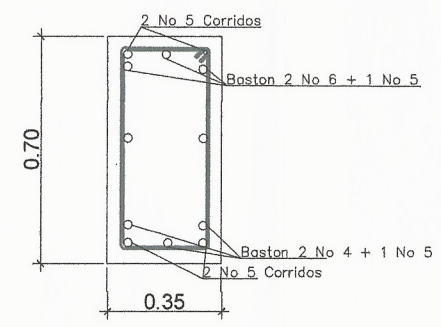
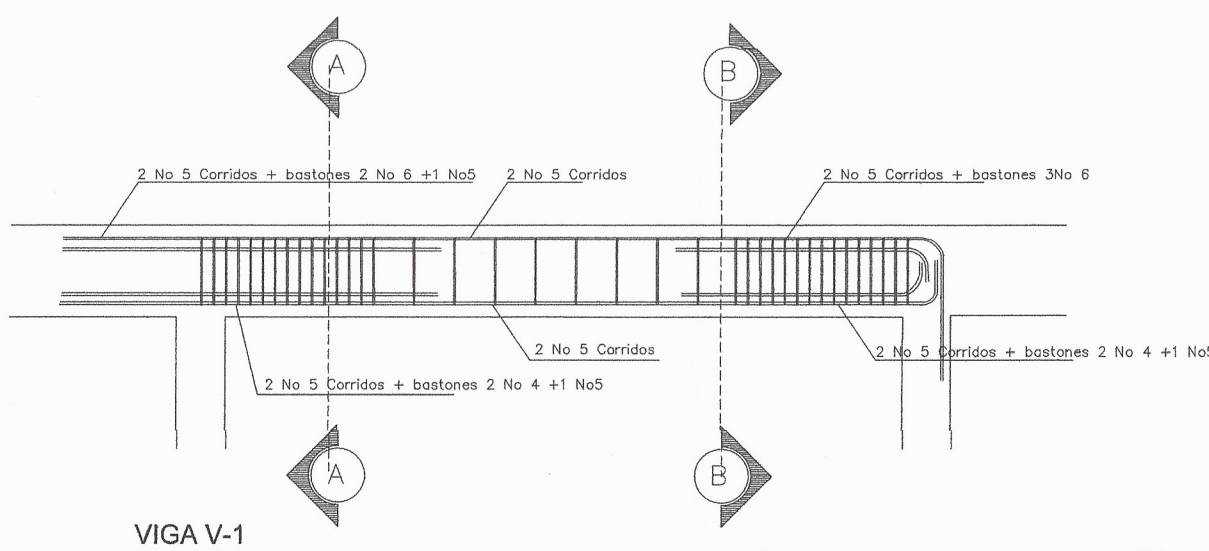


SECCION C
ESCALA 1/20

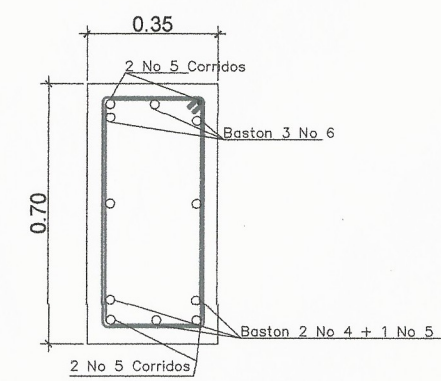
VIGA V-2 EJE 1
DE NIVEL 1-2



VIGA VS-1
ESCALA 1/20



Corte A

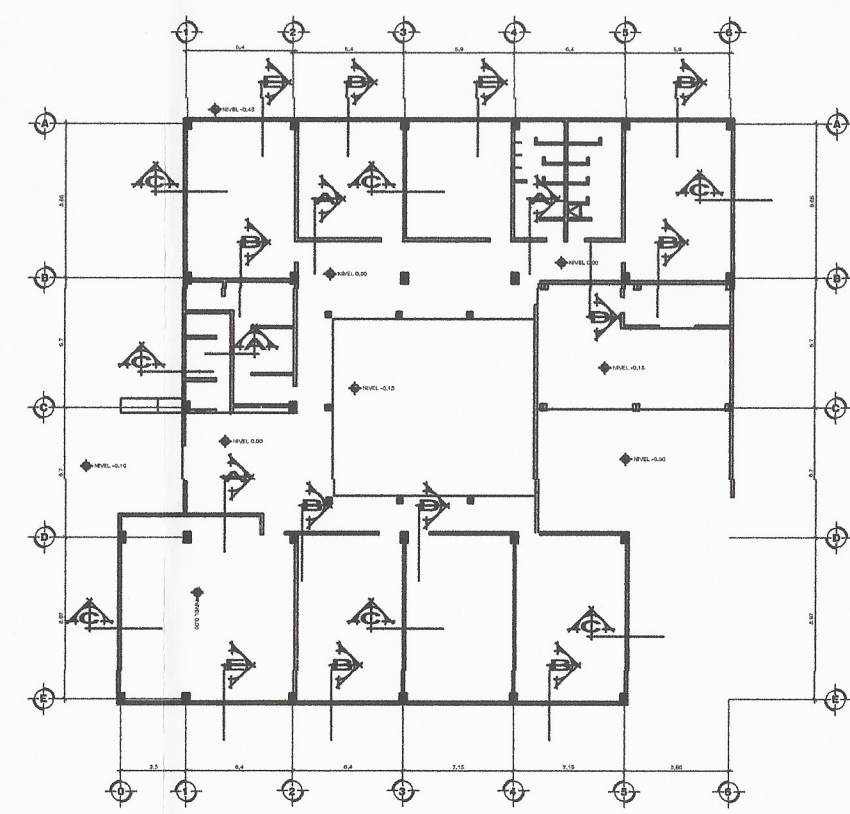
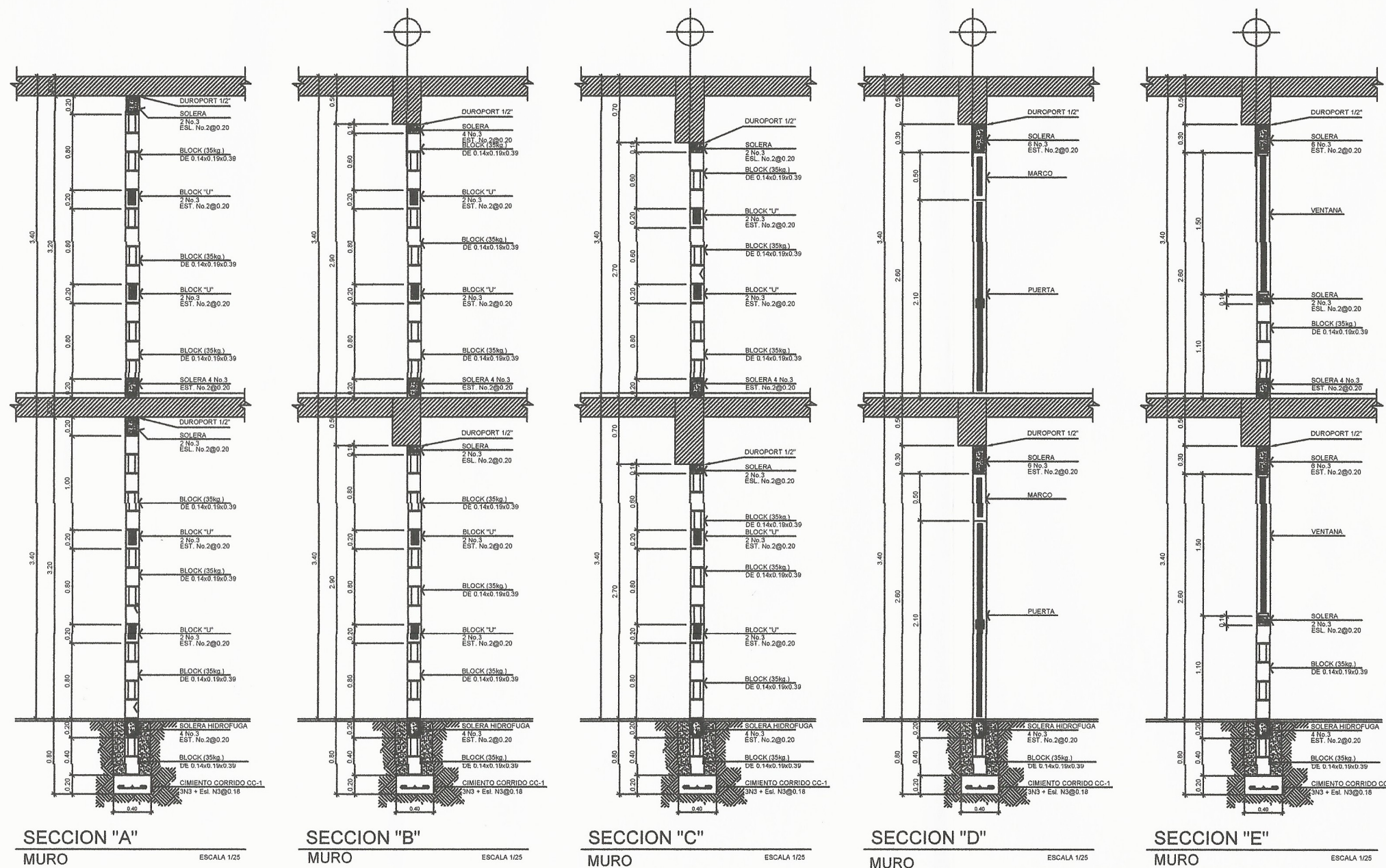


Corte B


VIGA V-1

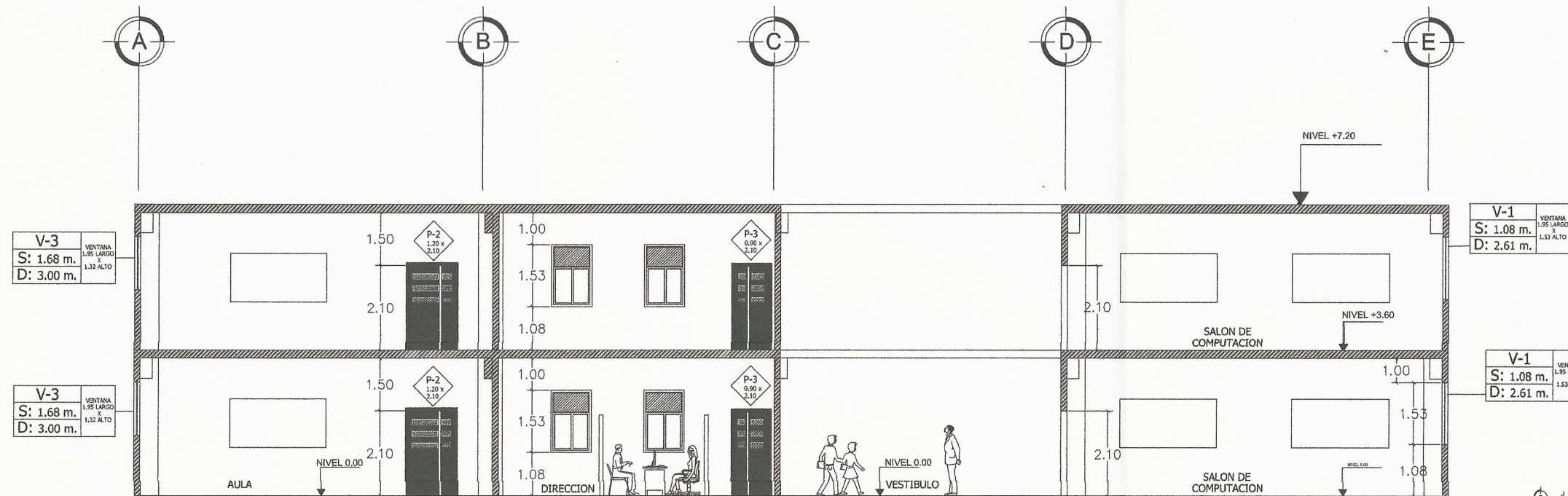


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA		
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA: EPS USAC 2018
DETALLE DE VIGAS		ESCALA: INDICADA
		FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	13
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR: UNIDAD DE EPS, USAC	
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA	
		28



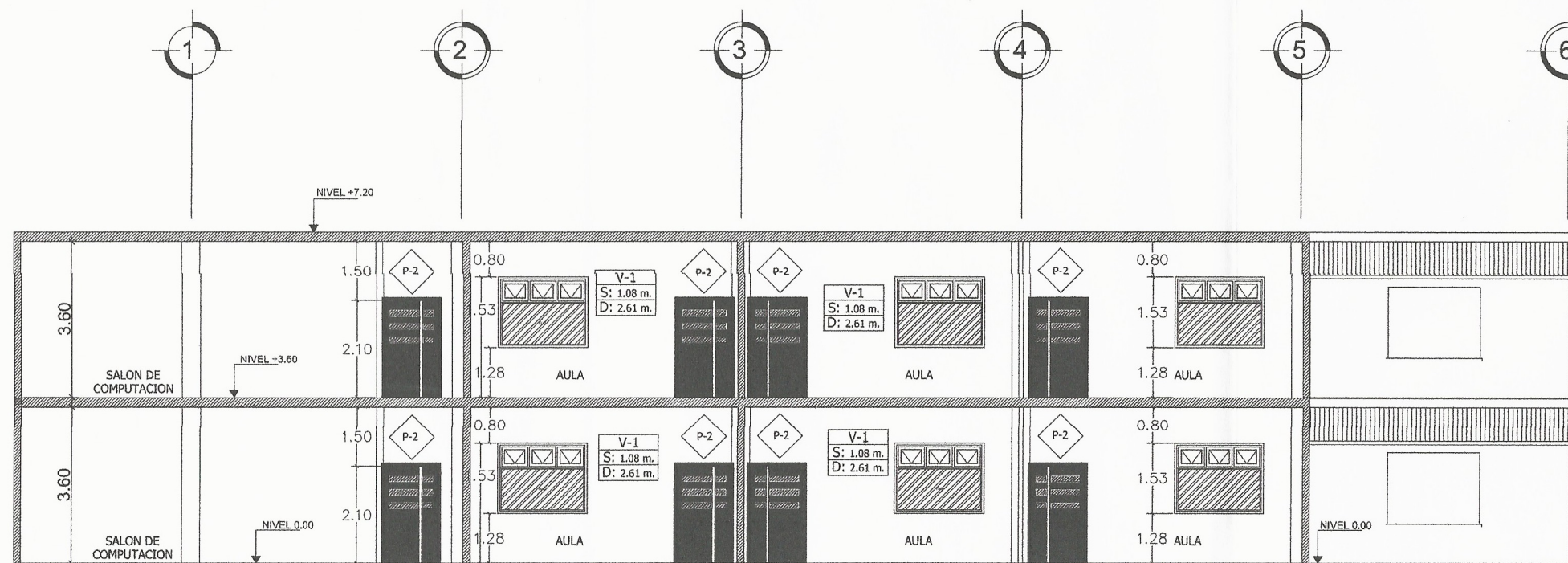
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Arguera Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR
PROGRAMA:	EPS USAC 2018
CORTE DE MUROS	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO:
WAGNER PAREDES	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORÍA:	SUPERVISOR
DMP VILLA NUEVA	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	FIRMA:
JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	Ing. OSCAR ARGUETA



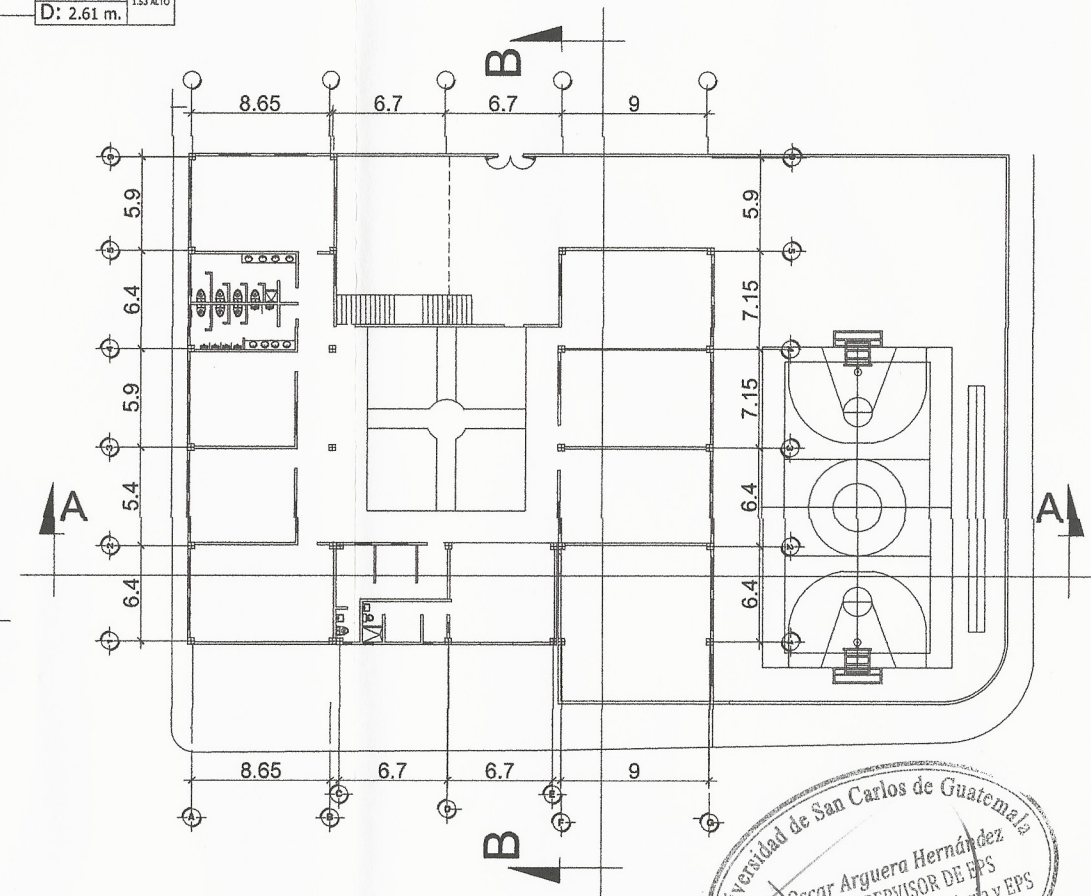
SECCION A-A'


ESC: 1/200

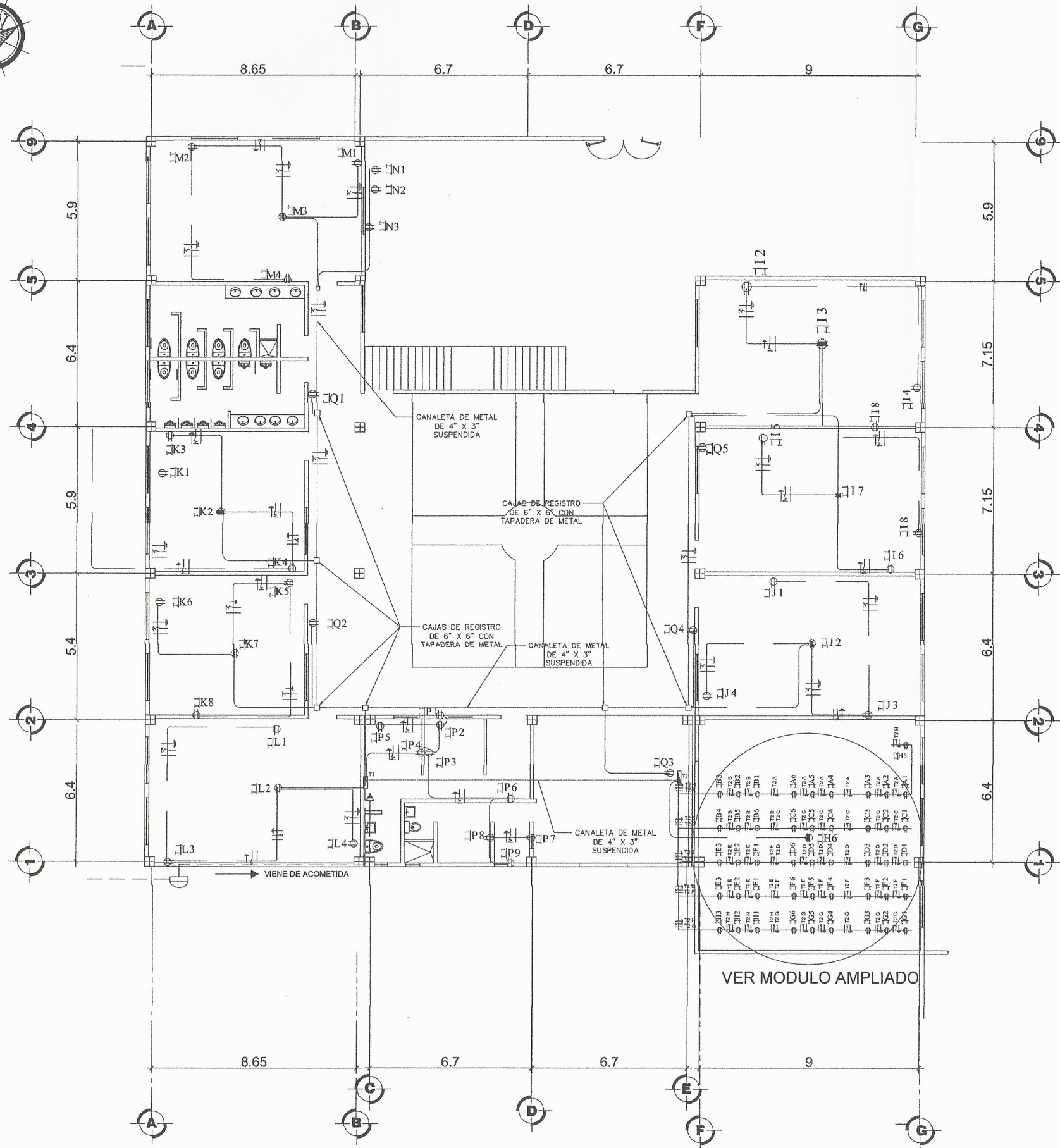


SECCION B-B'

ESC: 1/200



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA: EPS USAC 2018
SECCIONES Y ELEVACIONES		ESCALA: INDICADA
		FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	15
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC	
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA	28

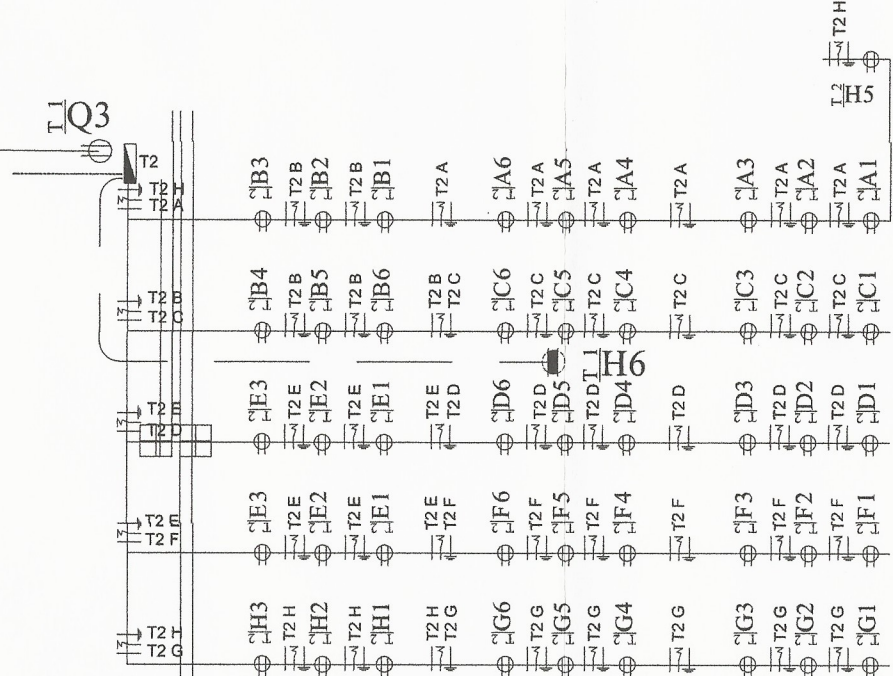


VER MODULO AMPLIADO

SIMBOLOGÍA ELECTRICA/ FUERZA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW O INDICADO
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 12 TW O INDICADO
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø1/2" O INDICADO EMPOTRADO EN LOSA
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø 2" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.
	CAJA RH
	POLARIZACIÓN A TIERRA



MODULO AMPLIADO DEL SALON DE COMPUTO

TABLERO T1

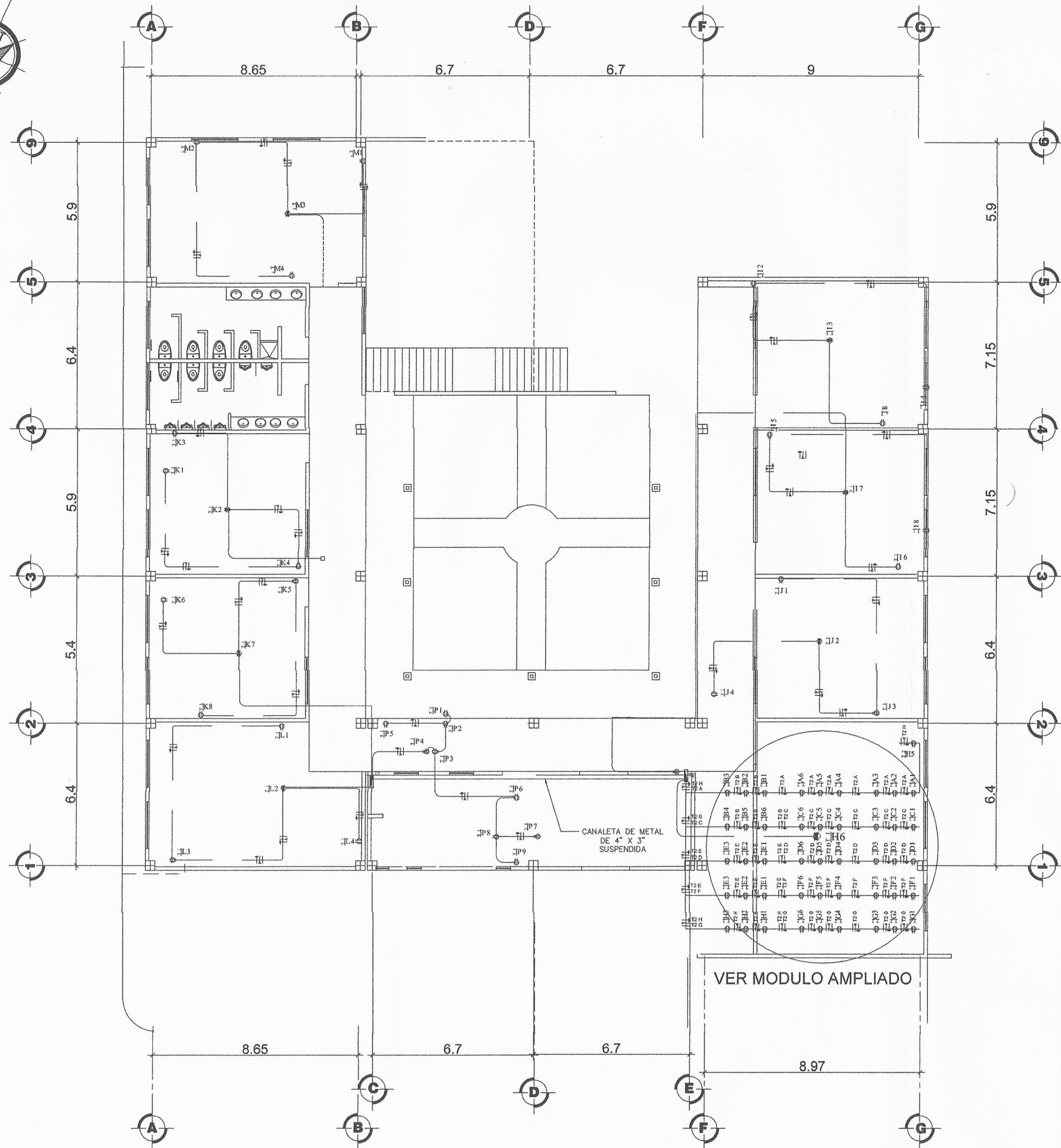
TIPO UNIDAD	CANTIDAD	ALTURA
T I	8	LOS TOMAS I7 Y I3 EMPOTRADOS A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T J	4	EL TOMA J2 EMPOTRADO A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T K	8	LOS TOMAS K2 Y K8 EMPOTRADOS A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T L	4	EL TOMA L2 EMPOTRADO A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T M	4	EL TOMA M2 EMPOTRADO A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T N	3	EL TOMA N2 220 W, N1 110 W, N3 110 W, h= 1.10 m. DEL NIVEL DE PISO.
T P	9	TODOS LOS TOMAS 110 W. A UNA h= 0.40 m. DEL NIVEL DE PISO
T Q	5	TODOS LOS TOMAS 110 W. A UNA h= 2.40 m. DEL NIVEL DE PISO
TOTAL UNIDADES	45	

TABLERO T2

TIPO UNIDAD	CANTIDAD	ALTURA
T A1	6	A NIVEL DE PISO
T B1	6	A NIVEL DE PISO
T C1	6	A NIVEL DE PISO
T D1	6	A NIVEL DE PISO
T E1	6	A NIVEL DE PISO
T F1	6	A NIVEL DE PISO
T G1	6	A NIVEL DE PISO
T H1	6	A NIVEL DE PISO
TOTAL UNIDADES	48	

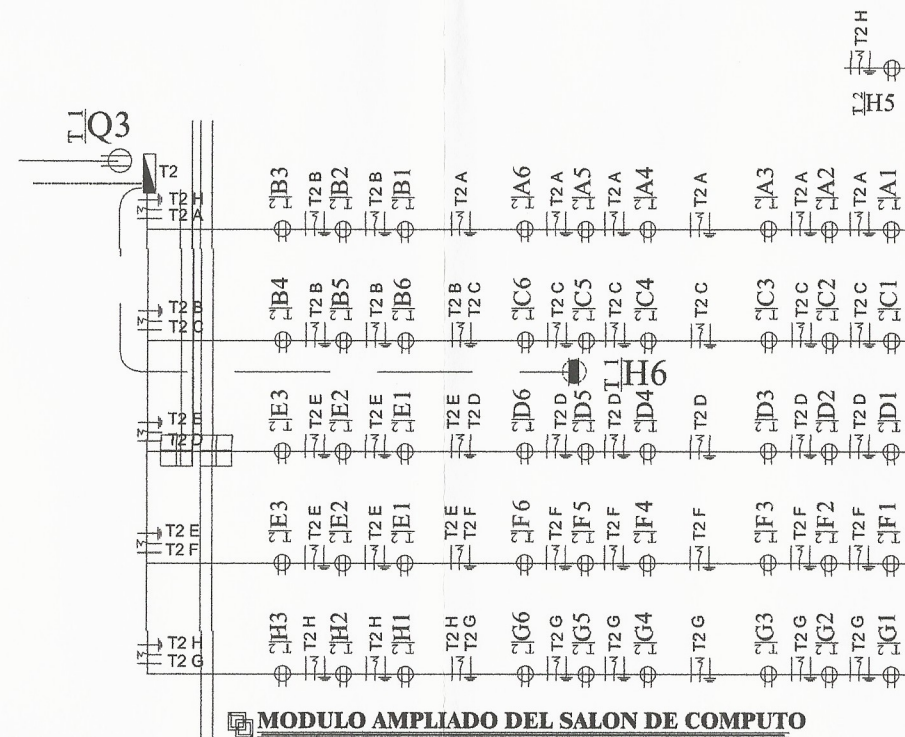
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERIA		
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA DE FUERZA NIVEL 1		ESCALA: INDICADA
		FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	16
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR: UNIDAD DE EPS, USAC	
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA	

PLANTA DE FUERZA NIVEL 1



SIMBOLOGÍA ELECTRICA/ FUERZA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW O INDICADO
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 12 TW O INDICADO
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø1/2" O INDICADO EMPOTRADO EN LOSA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø2" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED

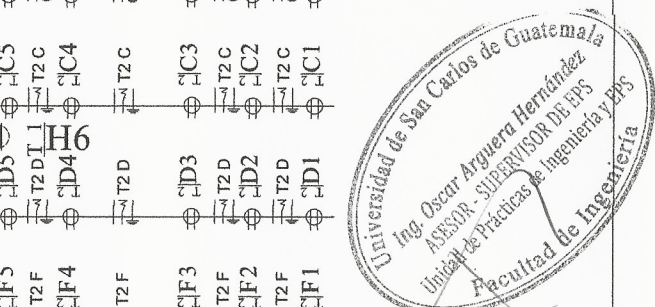


TABLERO T1		
TIPO UNIDAD	CANTIDAD	ALTURA
T I	8	LOS TOMAS I7 Y I3 EMPOTRADOS A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T J	4	EL TOMA J2 EMPOTRADO A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T K	8	LOS TOMAS K2 Y K6 EMPOTRADOS A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T L	4	EL TOMA L2 EMPOTRADO A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T M	4	EL TOMA M2 EMPOTRADO A LOSA, EL RESTO A h= 0.40 DEL NIVEL DE PISO
T P	9	TODOS LOS TOMAS 110 W. A UNA h= 0.40 m. DEL NIVEL DE PISO
TOTAL UNIDADES	37	

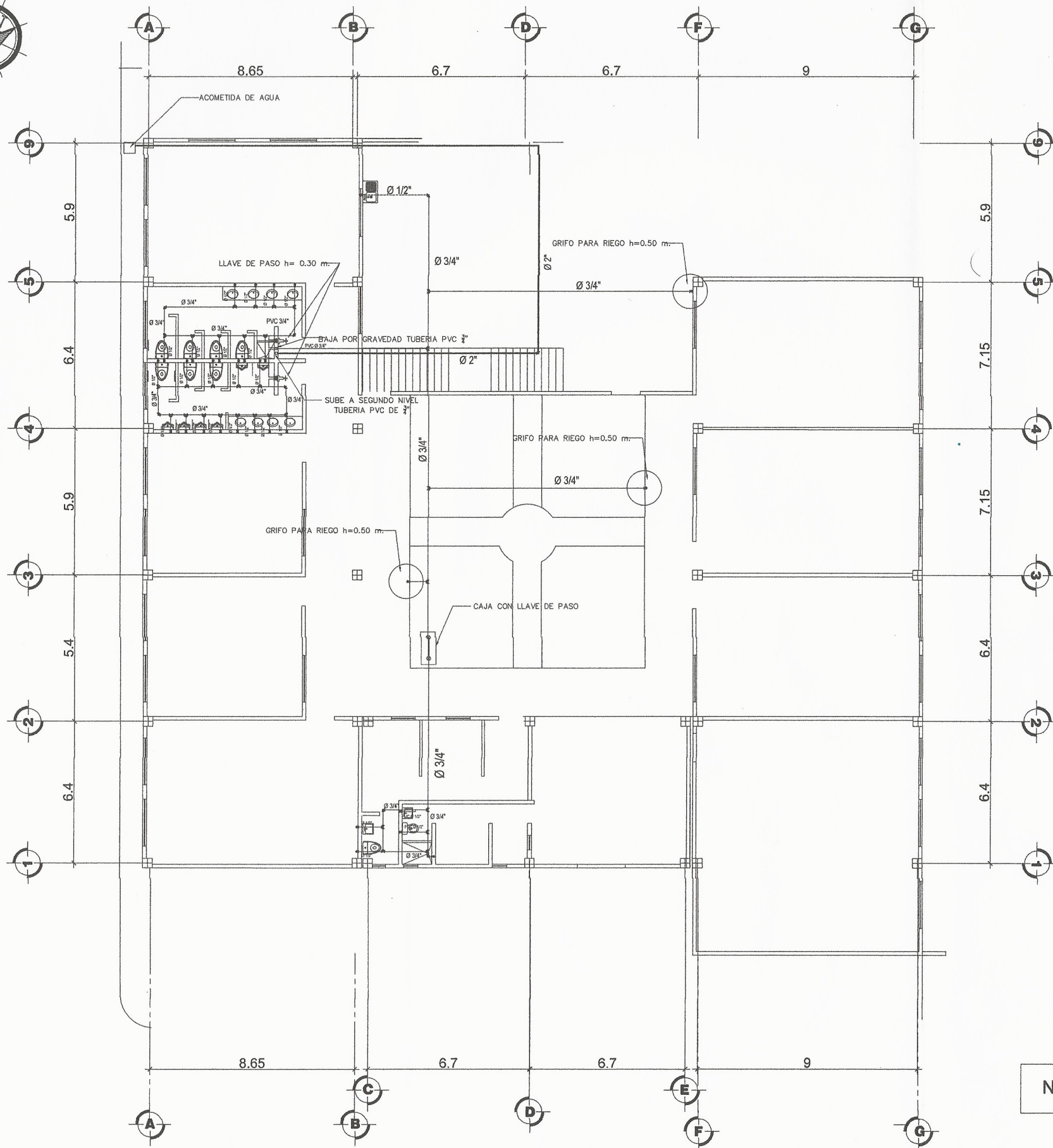
TABLERO T2		
TIPO UNIDAD	CANTIDAD	ALTURA
T A1	6	A NIVEL DE PISO
T B1	6	A NIVEL DE PISO
T C1	6	A NIVEL DE PISO
T D1	6	A NIVEL DE PISO
T E1	6	A NIVEL DE PISO
T F1	6	A NIVEL DE PISO
T G1	6	A NIVEL DE PISO
T H1	6	A NIVEL DE PISO
TOTAL UNIDADES	48	

PLANTA DE FUERZA NIVEL 2

ESC: 1/200



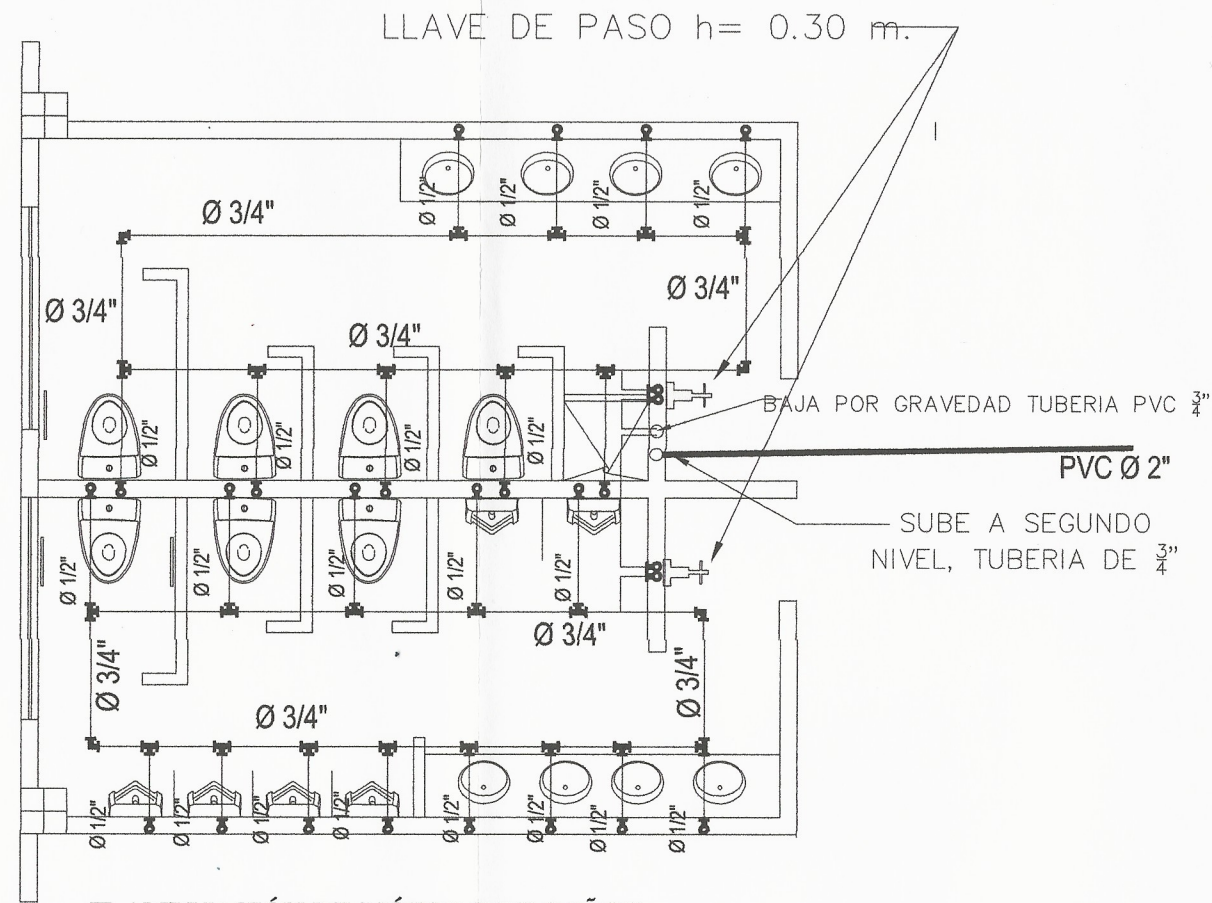
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR		PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA DE FUERZA NIVEL 2		ESCALA: INDICADA	FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA		17
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR: UNIDAD DE EPS, USAC		
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA		
			29



PLANTA DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS NIVEL 1

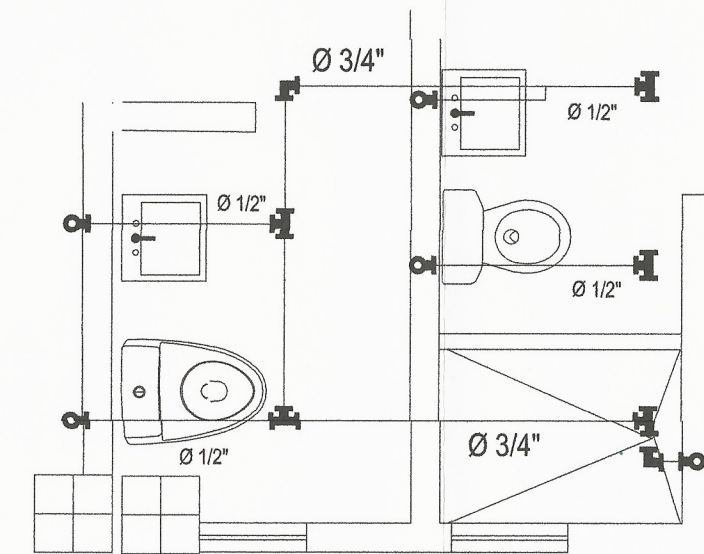
ESC: 1/200

NOTA: TODA LA TUBERIA SERA DE PVC



AMPLIACIÓN DE MÓDULO DE BAÑOS

ESC: 1/70



AMPLIACION DE MÓDULO DE BAÑOS DE SERVICIO

ESC: 1/70

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



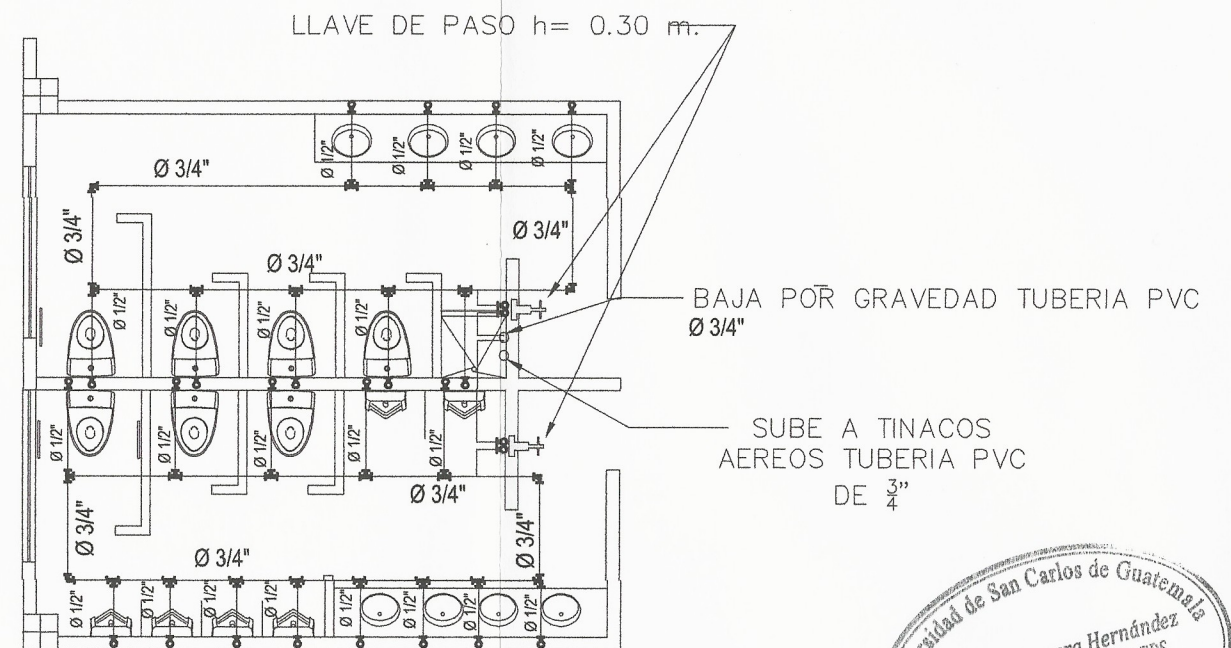
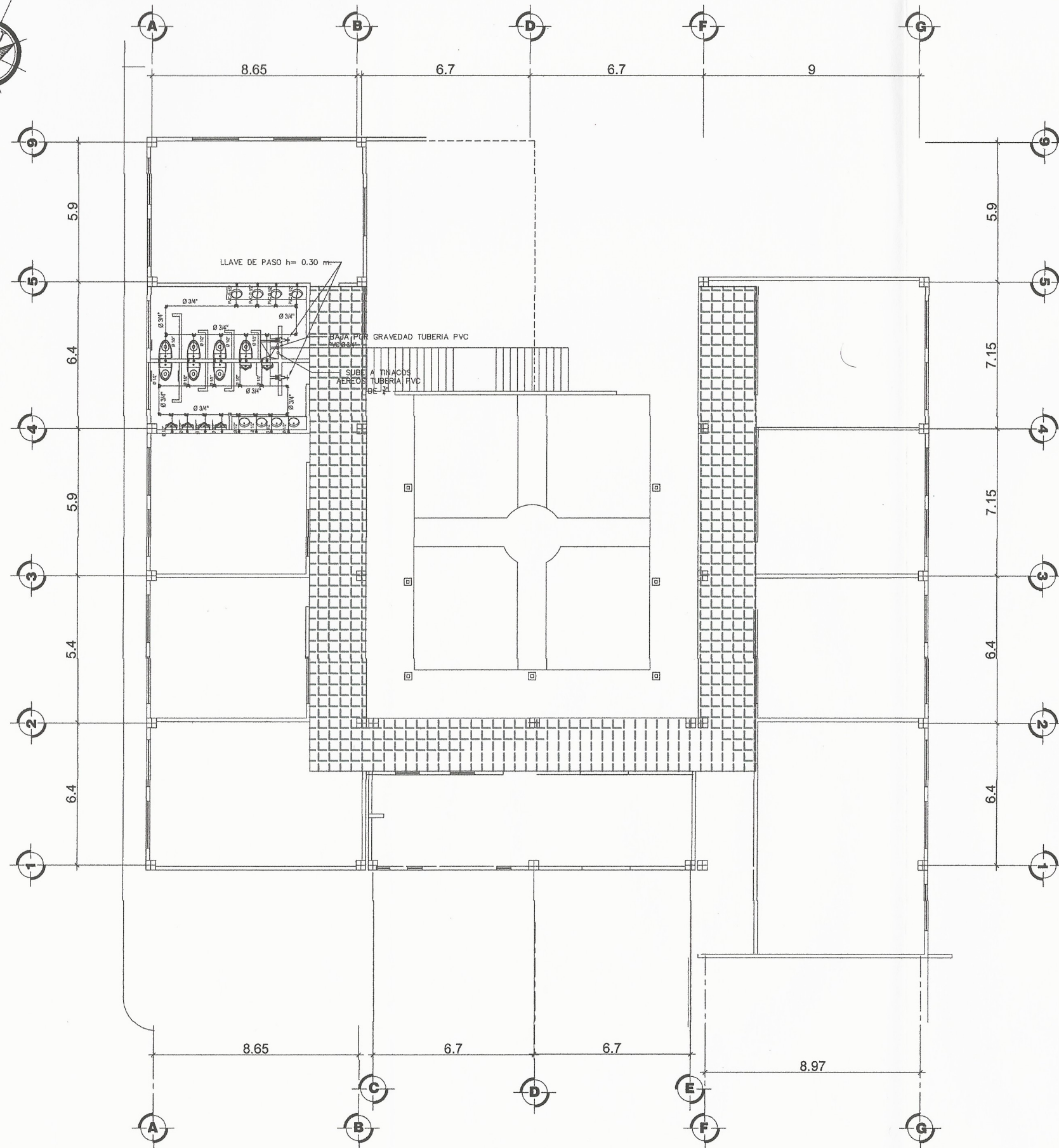
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS NIVEL 1		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA

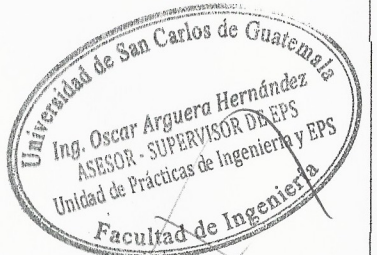
18

29



MÓDULO AMPLIADO DE BAÑOS

ESC: 1/70



NOTA: TODA LA TUBERIA SERA DE PVC

PLANTA DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS NIVEL 2







ESC: 1/200

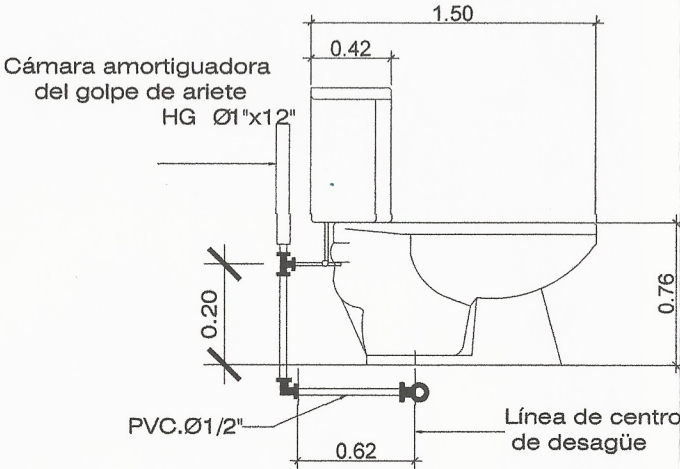
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS NIVEL 2		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA

19

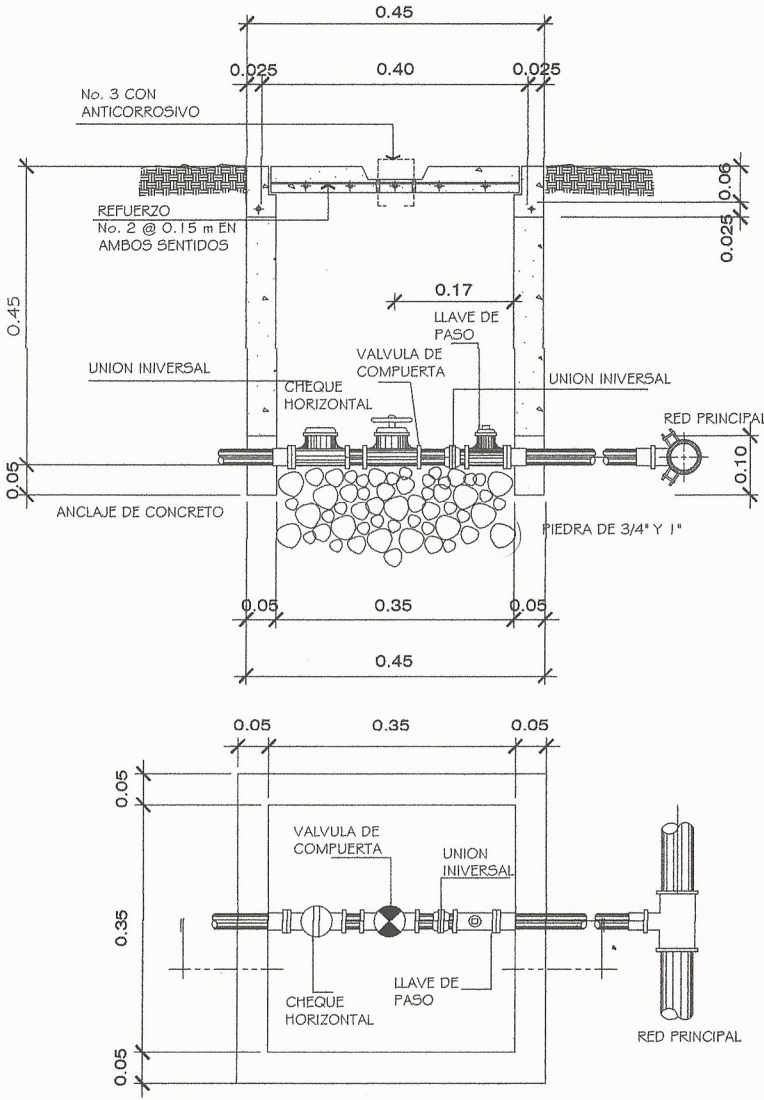
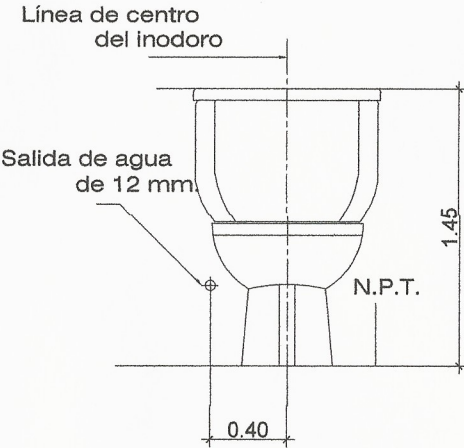
29

SIMBOLOGIA/NOMENCLATURA DE AGUA POTABLE

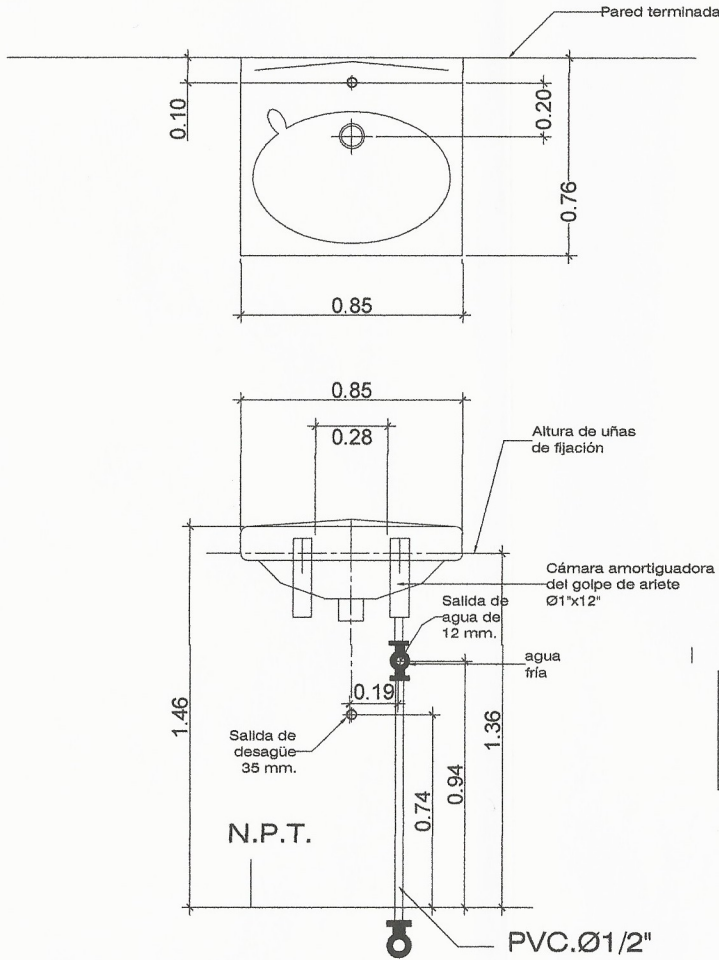
	CODO HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	TEE HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	CODO VERTICAL PVC DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	REDUCIDOR PVC DEACUERDO A DIAMETRO INDICADO.
	TUBERIA PVC
	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA DE AGUA POTABLE



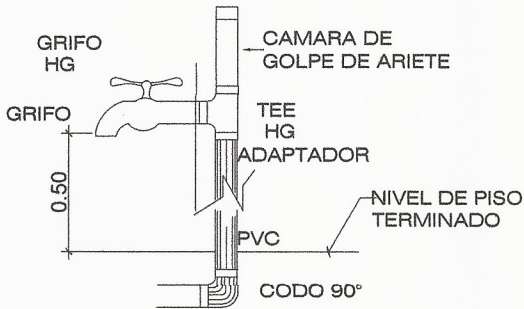
INODORO



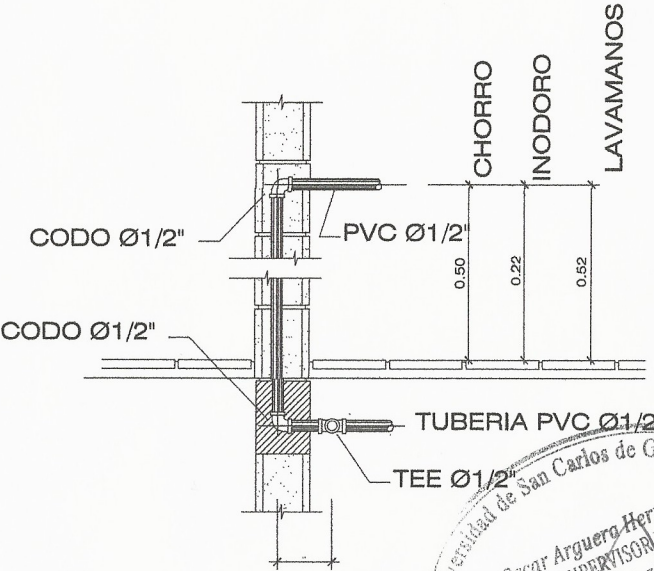
ACOMETIDA AL EDIFICIO



DETALLE DE LAVAMANOS



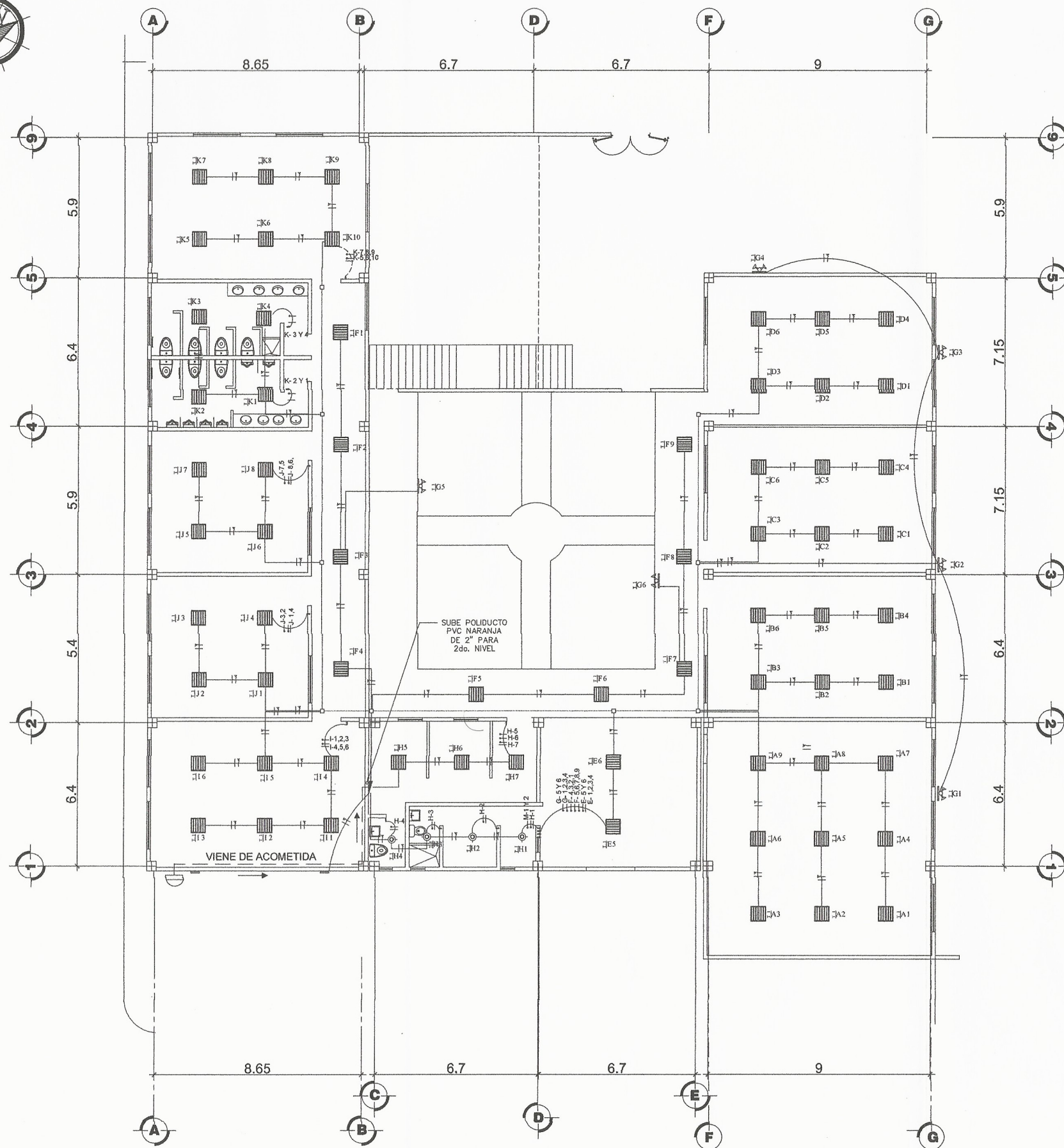
GRIFO DE PISO



ACOMETIDA

NOTA: TODA LAS MEDIDAS SON EN METROS, A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
SIMBOLOGÍA Y DETALLES DE ACCESORIOS		ESCALA:	INDICADA
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:		FECHA:	2018
WAGNER PAREDES		20	
DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO:		29	
JUAN DIEGO LACAYO RIVERA		Ing. OSCAR ARGUETA	

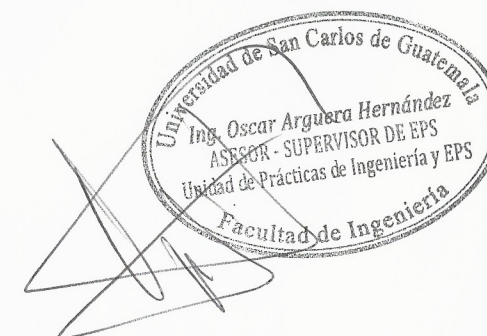


PLANTA DE ILUMINACIÓN NIVEL 1

ESC: 1/200

SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

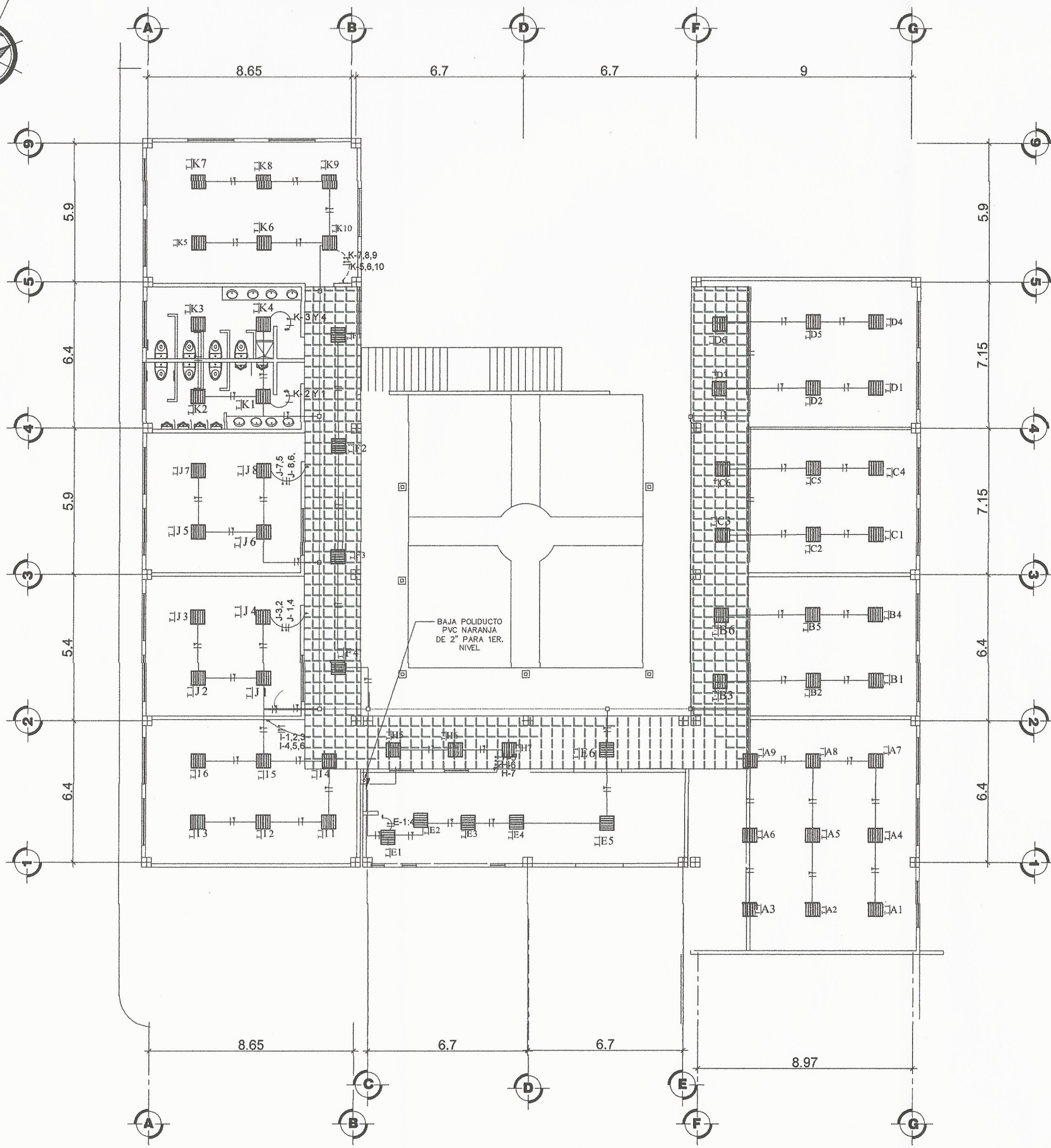
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LAMPARA de 4' X 4' de CUATRO TUBOS, CON DIFUSOR ACRILICO,
	PLAFONERA, PARA FOCO DE 100 WATTS
	REFLECTOR DOBLE 120°, 100 WATTS, EXTERIOR CON DETECTOR DE MOVIMIENTO
	INTERRUPTOR TRIPLE H=1.20 S.N.P.T.
	LÍNEA NEUTRAL CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN BLANCO
	LÍNEA DE PUENTE CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AMARILLO
	LÍNEA VIVA CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN NEGRO
	LÍNEA DE RETORNO CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AZUL
	TUBO ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN LOSA
	TUBO ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA DE ILUMINACIÓN NIVEL 1		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA

21

29



PLANTA DE ILUMINACIÓN NIVEL 2

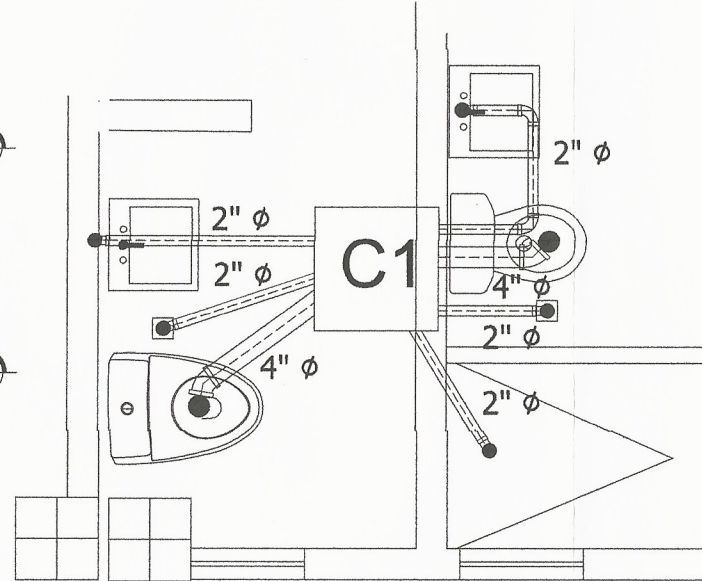
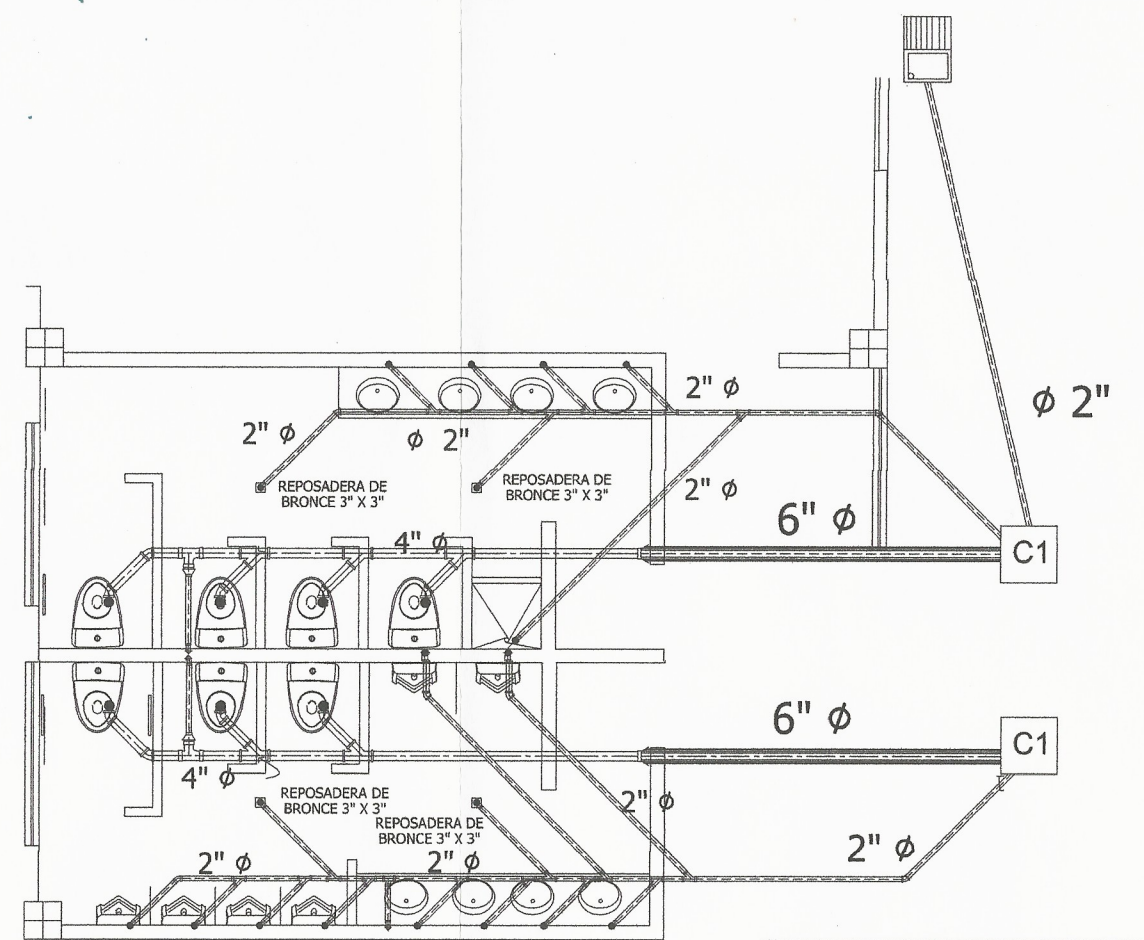
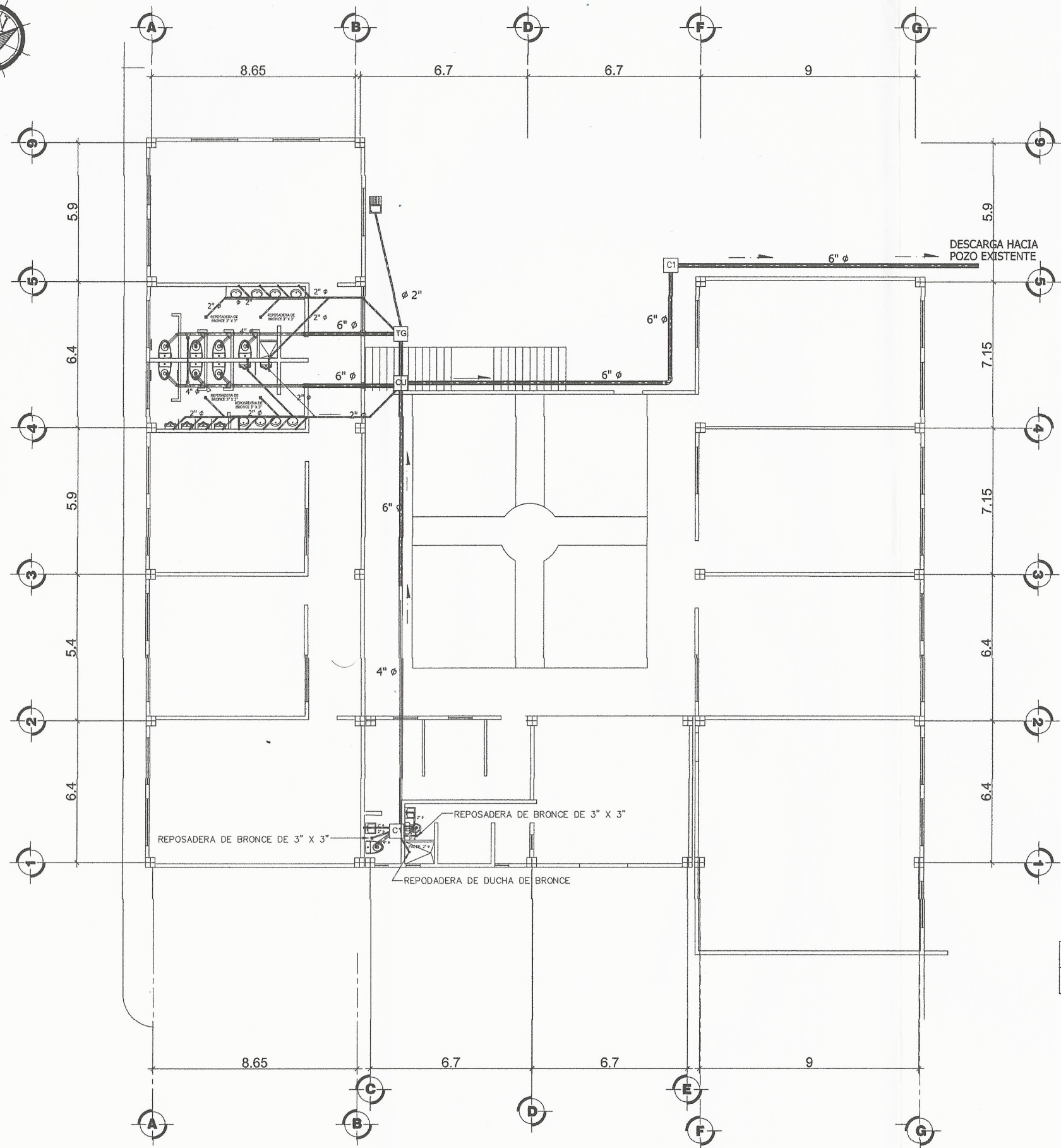
ESC: 1/200

SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LAMPARA de 4' X 4' de CUATRO TUBOS, CON DIFUSOR ACRILICO,
	PLAFONERA, PARA FOCO DE 100 WATTS
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR TRIPLE H=1.20 S.N.P.T.
	LÍNEA NEUTRAL CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN BLANCO
	LÍNEA DE PUENTE CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AMARILLO
	LÍNEA VIVA CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN NEGRO
	LÍNEA DE RETORNO CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AZUL
	TUBO ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN LOSA
	TUBO ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO

[Handwritten signature]
Unidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA DE ILUMINACIÓN NIVEL 2		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORÍA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA



SIMBOLOGIA DE DRENAJE	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERIA P.V.C. PARA DRENAJE Ø INDICADO
	TUBERIA P.V.C. Ø INDICADO EMPOTRADA EN LOSA
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION VERTICAL
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION HORIZONTAL
	CODO P.V.C. A 45° EN POSICION HORIZONTAL
	REDUCTOR P.V.C. DE Ø 4" A 2"
	TEE SANITARIA P.V.C. EN POSICION VERTICAL
	TEE SANITARIA P.V.C. EN POSICION HORIZONTAL
	YEE SIMPLE P.V.C. EN POSICION HORIZONTAL
	REPOSADERA
	INDICA PENDIENTE DIRECCIÓN DE FLUJO
B.A.G.	BAJAN AGUAS GRISES
B.A.N.	BAJAN AGUAS NEGRAS
CU	CAJA UNIFICADORA
T.G.	CAJA TRAMPA GRASA

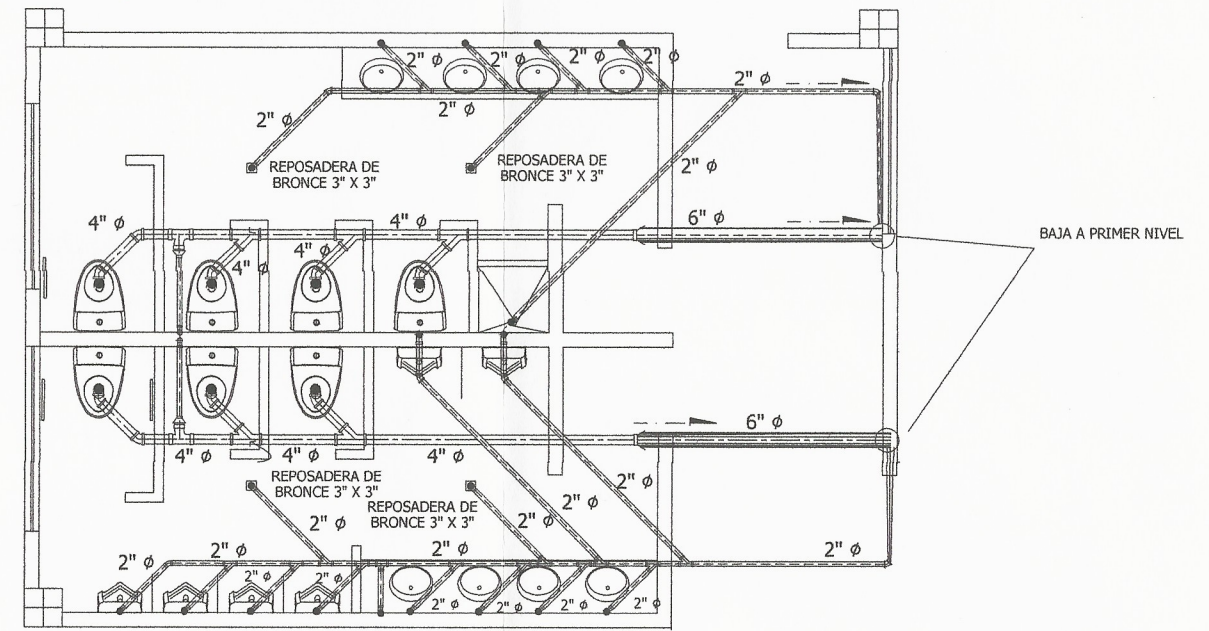
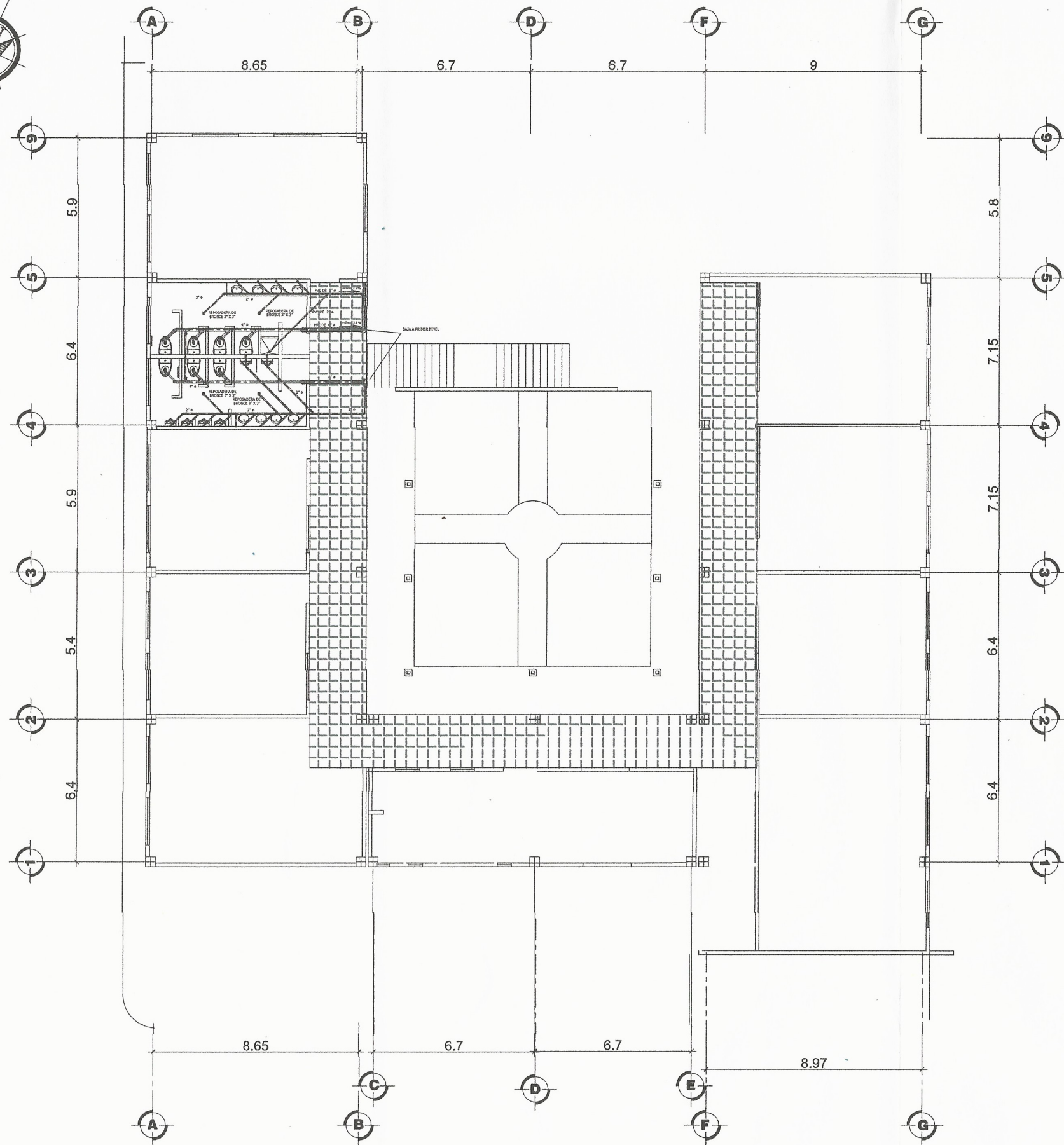
NOTA: TODA LA TUBERIA SERA DE PVC

PLANTA DE DRENAJES NIVEL 1

ESC: 1/200

Oscar Argueta Hernández
ESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR
PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA DE DRENAJE NIVEL 1	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO:
WAGNER PAREDES	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORÍA:	SUPERVISOR
DMP VILLA NUEVA	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	FIRMA:
JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	Ing. OSCAR ARGUETA



SIMBOLOGIA DE DRENAJE	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERIA P.V.C. PARA DRENAJE Ø INDICADO
	TUBERIA P.V.C. Ø INDICADO EMPOTRADA EN LOSA
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION VERTICAL
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION HORIZONTAL
	CODO P.V.C. A 45° EN POSICION HORIZONTAL
	REDUCTOR P.V.C. DE Ø 4\"/>
	TEE SANITARIA P.V.C. EN POSICION VERTICAL
	TEE SANITARIA P.V.C. EN POSICION HORIZONTAL
	YEE SIMPLE P.V.C. EN POSICION HORIZONTAL
	REPOSADERA
	INDICA PENDIENTE DIRECCIÓN DE FLUJO
B.A.G.	BAJAN AGUAS GRISES
B.A.N.	BAJAN AGUAS NEGRAS
C.U.	CAJA UNIFICADORA
T.G.	CAJA TRAMPA GRASA

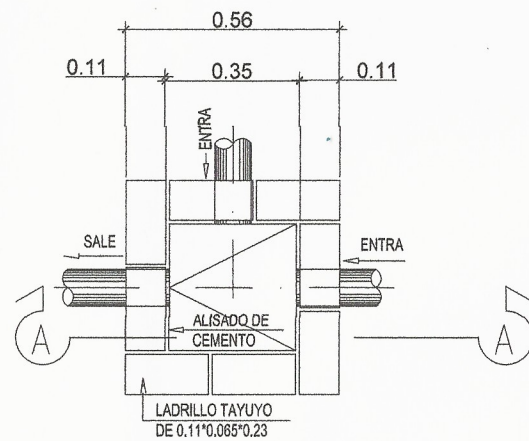


NOTA: TODA LA TUBERIA SERA DE PVC

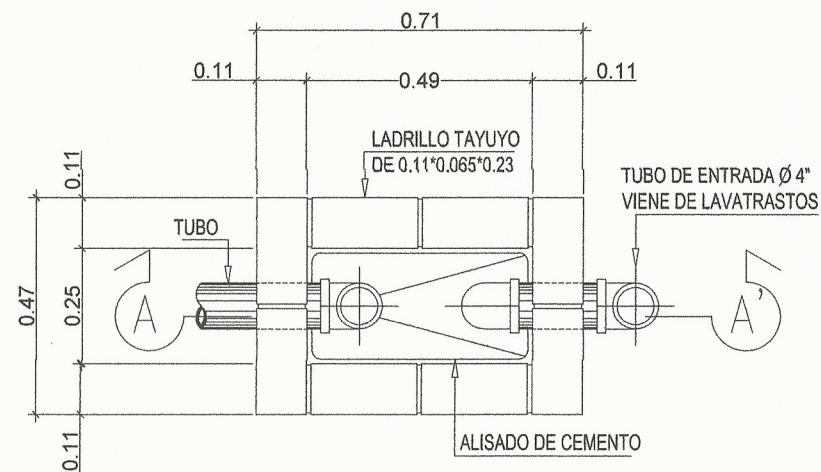
PLANTA DE DRENAJE NIVEL 2

ESC: 1/200

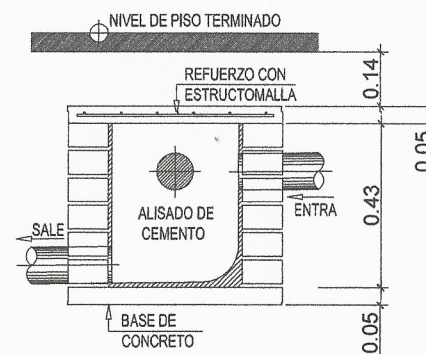
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA DE DRENAJE NIVEL 2		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORÍA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA



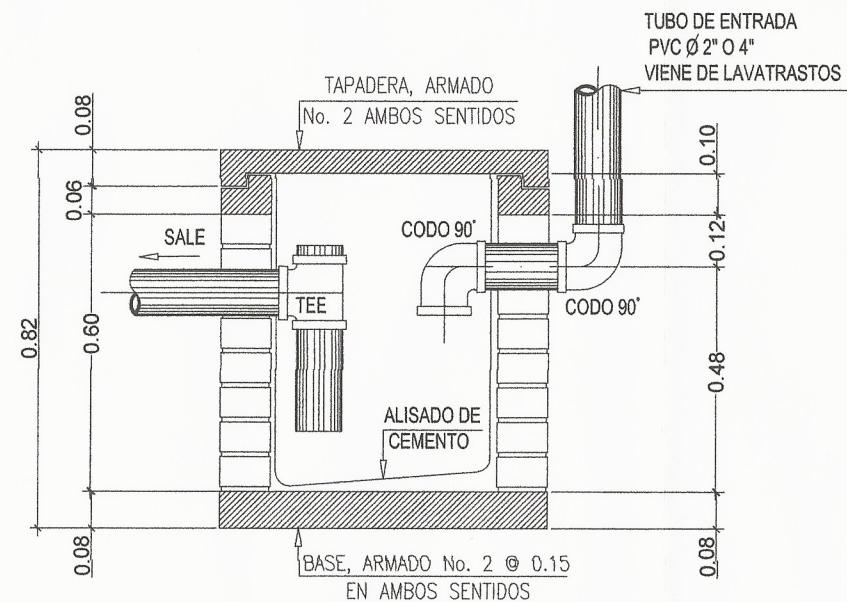
CAJA UNIFICADORA
ESC: 1/75



CAJA TRAMPA GRASA
ESC: 1/75




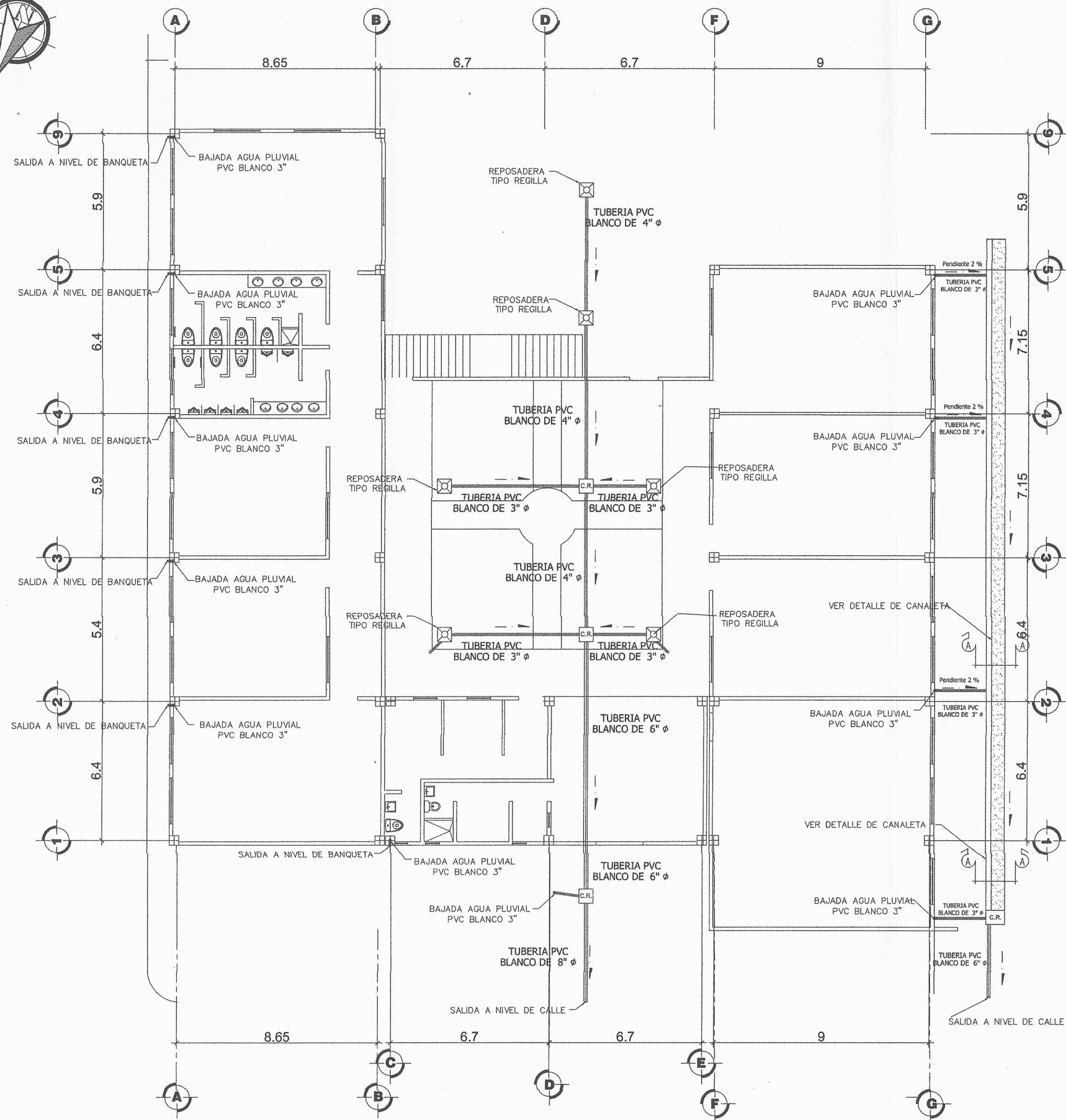
CORTE A-A
ESC: 1/75



CORTE A-A
ESC: 1/75

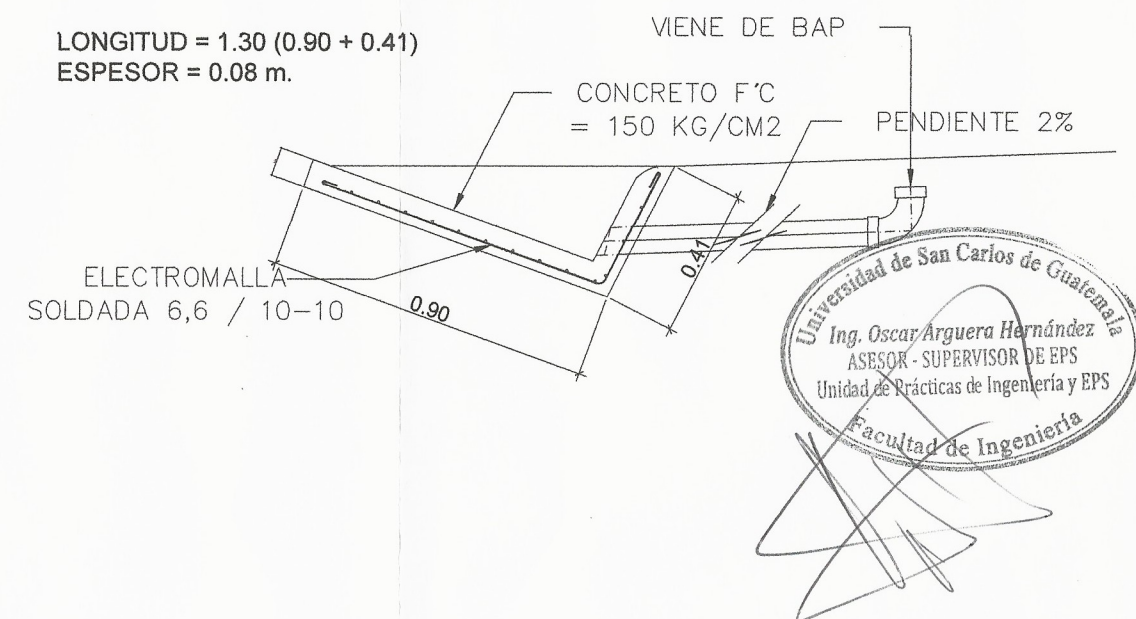


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA: EPS USAC 2018	
DETALLES DE AGUAS PLUVIALES Y DRENAJES		ESCALA: INDICADA	
		FECHA: 2018	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	25	
ASESORÍA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC		
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA		29



SIMBOLOGIA DE DRENAJE	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERIA P.V.C. PARA DRENAJE Ø INDICADO
	TUBERIA P.V.C. Ø INDICADO EMPOTRADA EN LOSA
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION VERTICAL
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION HORIZONTAL
	CODO P.V.C. A 45° EN POSICION HORIZONTAL
	REDUCTOR P.V.C. DE Ø 4\"/>
	TEE SANITARIA P.V.C. EN POSICION VERTICAL
	TEE SANITARIA P.V.C. EN POSICION HORIZONTAL
	YEE SIMPLE P.V.C. EN POSICION HORIZONTAL
	REPOSADERA
	INDICA PENDIENTE DIRECCIÓN DE FLUJO
B.A.G.	BAJAN AGUA PLUVIAL
	REPOSADERA TIPO REGILLA
	CAJA DE REGISTRO

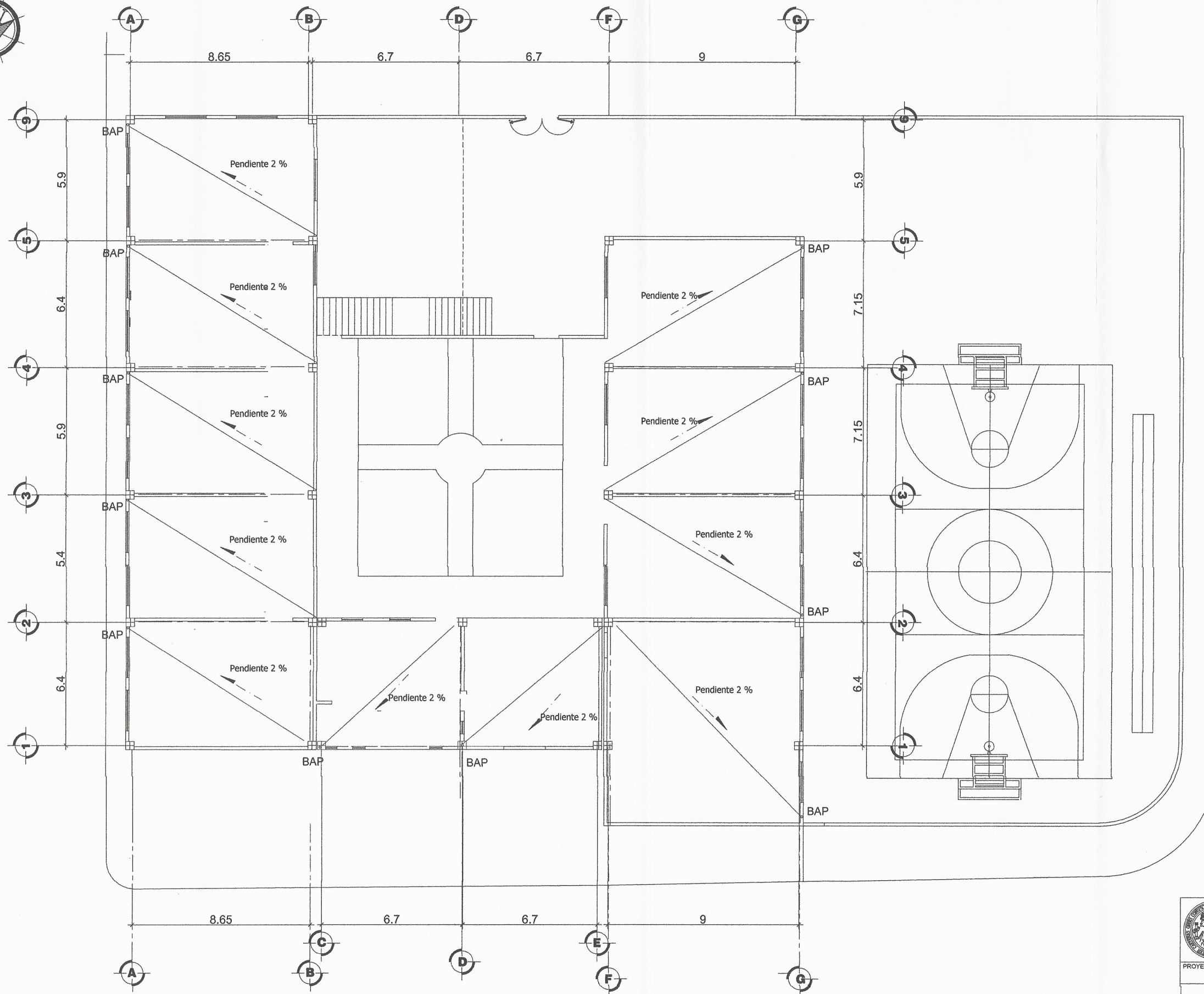
LONGITUD = 1.30 (0.90 + 0.41)
ESPESOR = 0.08 m.



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA DE AGUAS PLUVIALES		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA

PLANTA DE AGUAS PLUVIALES

ESC: 1/200



PLANTA DE TECHO + PAÑUELOS

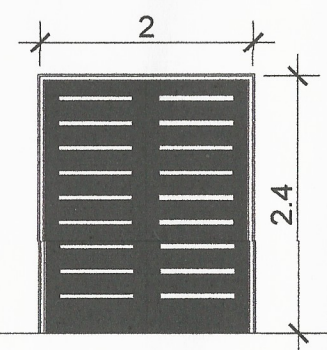
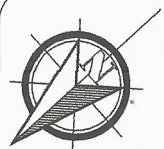
ESC: 1/200



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA DE TECHO + PAÑUELOS		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORÍA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA

27

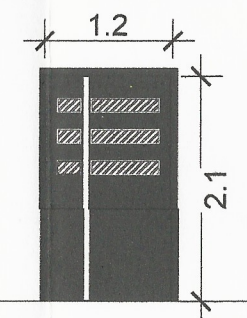
29



PUERTA TIPO 1

- 1.- PUERTA DE METAL COLOR AZUL MATE Y FRANJAS BLANCAS, 4 FRANJAS VACIAS
- 2.- CHAPA YALE
- 3.- BISAGRA TIPO PISTON, PARA MAYOR RESISTENCIA Y SEGURIDAD

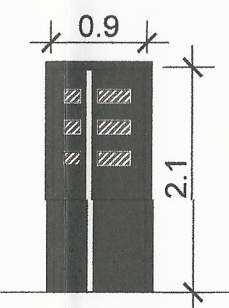
P-1
2.00 x
2.40



PUERTA TIPO 2

- 1.- PUERTA DE METAL COLOR CELESTE MATE Y FRANJA BLANCA, VENTANILLAS CON VIDRIO DE 6mm TRANSPARENTE
- 2.- CHAPA DE MANIJA CROMO
- 3.- BISAGRAS STANLEY CROMO SATINADO DE 3"

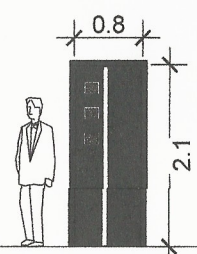
P-2
1.20 x
2.10



PUERTA TIPO 3

- 1.- PUERTA DE METAL COLOR CELESTE MATE Y FRANJA BLANCA, VENTANILLAS CON VIDRIO DE 6mm TRANSPARENTE
- 2.- CHAPA DE MANIJA CROMO
- 3.- BISAGRAS STANLEY CROMO SATINADO DE 3"

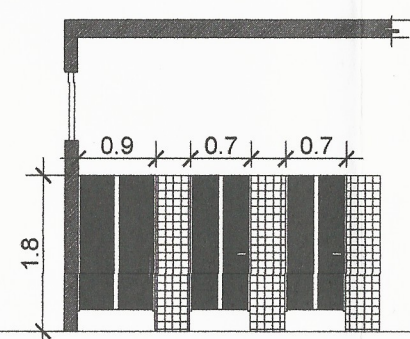
P-3
0.90 x
2.10



PUERTA TIPO 4

- 1.- PUERTA DE METAL COLOR CELESTE MATE Y FRANJA BLANCA, VENTANILLAS CON VIDRIO DE 5 mm NEVADO
- 2.- CHAPA DE MANIJA CROMO SATINADO
- 3.- BISAGRAS STANLEY CROMO SATINADO DE 3"

P-4
0.80 x
2.10



PUERTA TIPO 5

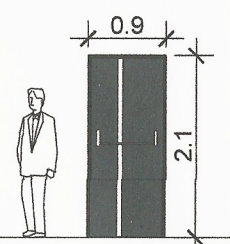
- 1.- PUERTA DE METAL COLOR CELESTE MATE Y FRANJA BLANCA
- 2.- JALADOR JALADOR AL FRENTE ALTURA NO MAYOR A 75 cm. Y PASADOR POR DENTRO DE 3"
- 3.- SUJETACION A MUROS CON TORNILLOS HILTI

P-5
0.90 x
1.80

PUERTA TIPO 6

- 1.- PUERTA DE METAL COLOR CELESTE MATE Y FRANJA BLANCA
- 2.- JALADOR JALADOR AL FRENTE ALTURA NO MAYOR A 75 cm. Y PASADOR POR DENTRO DE 3"
- 3.- SUJETACION DE MARCOS A MUROS CON TORNILLOS HILTI

P-6
0.70 x
1.80



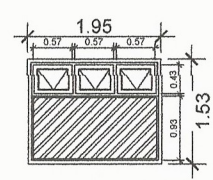
PUERTA TIPO 7 EMERGENCIA

- 1.- PUERTA DE LAMINA CALIBRES 20 , 18 Y 16 LEGITIMO
- 2.- APLICACION DE PINTURA ANTICORROCIYA Y ESMALTE ROJO MATE Y FRANJA BLANCA MATE MARCO CELESTE
- 3.- CERRADURA DE BARRA PARA SALIDA DE EMERGENCIA, ALTURA 1.10 m.

P-7
0.90 x
2.10

DISEÑO DE PUERTAS

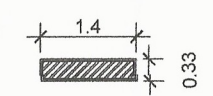
ESC: 1/50



VENTANA V-1

- 1.- EN PVC COLOR BLANCO ((ENTREGAR ESPECIFICACIONES Y GARANTIAS DEL MATERIAL EMPLEADO, ANTES DE SU INSTALACION))
- 2.- TIPO DE VENTILACION PROYECTABLE
- 3.- SELLADO DE VENTANAS A VANOS ANTES DE APLICAR PINTURA

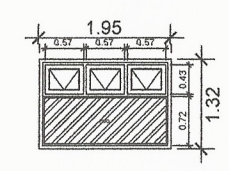
V-1
S: 1.08 m.
D: 2.61 m.



VENTANA V-2

- 1.- EN PVC COLOR BLANCO ((ENTREGAR ESPECIFICACIONES Y GARANTIAS DEL MATERIAL EMPLEADO, ANTES DE SU INSTALACION))
- 2.- TIPO DE VENTILACION PROYECTABLE
- 3.- SELLADO DE VENTANAS A VANOS ANTES DE APLICAR PINTURA

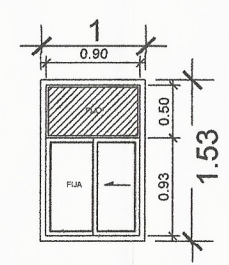
V-2
S: 2.28 m.
D: 2.61 m.



VENTANA V-3

- 1.- EN PVC COLOR BLANCO ((ENTREGAR ESPECIFICACIONES Y GARANTIAS DEL MATERIAL EMPLEADO, ANTES DE SU INSTALACION))
- 2.- TIPO DE VENTILACION PROYECTABLE
- 3.- SELLADO DE VENTANAS A VANOS ANTES DE APLICAR PINTURA

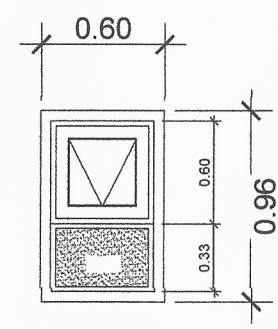
V-3
S: 1.28 m.
D: 2.61 m.



VENTANA V-4

- 1.- EN PVC COLOR BLANCO ((ENTREGAR ESPECIFICACIONES Y GARANTIAS DEL MATERIAL EMPLEADO, ANTES DE SU INSTALACION))
- 2.- TIPO DE VENTILACION CORREDIZA UNA FIJA
- 3.- SELLADO DE VENTANAS A VANOS ANTES DE APLICAR PINTURA

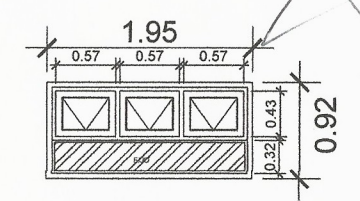
V-4
S: 1.08 m.
D: 2.61 m.



VENTANA V-5

- 1.- EN PVC COLOR BLANCO ((ENTREGAR ESPECIFICACIONES Y GARANTIAS DEL MATERIAL EMPLEADO, ANTES DE SU INSTALACION))
- 2.- TIPO DE VENTILACION PROYECTABLE
- 3.- SELLADO DE VENTANAS A VANOS ANTES DE APLICAR PINTURA

V-5
S: 1.68 m.
D: 2.61 m.



VENTANA V-6

- 1.- EN PVC COLOR BLANCO ((ENTREGAR ESPECIFICACIONES Y GARANTIAS DEL MATERIAL EMPLEADO, ANTES DE SU INSTALACION))
- 2.- TIPO DE VENTILACION PROYECTABLE
- 3.- SELLADO DE VENTANAS A VANOS ANTES DE APLICAR PINTURA

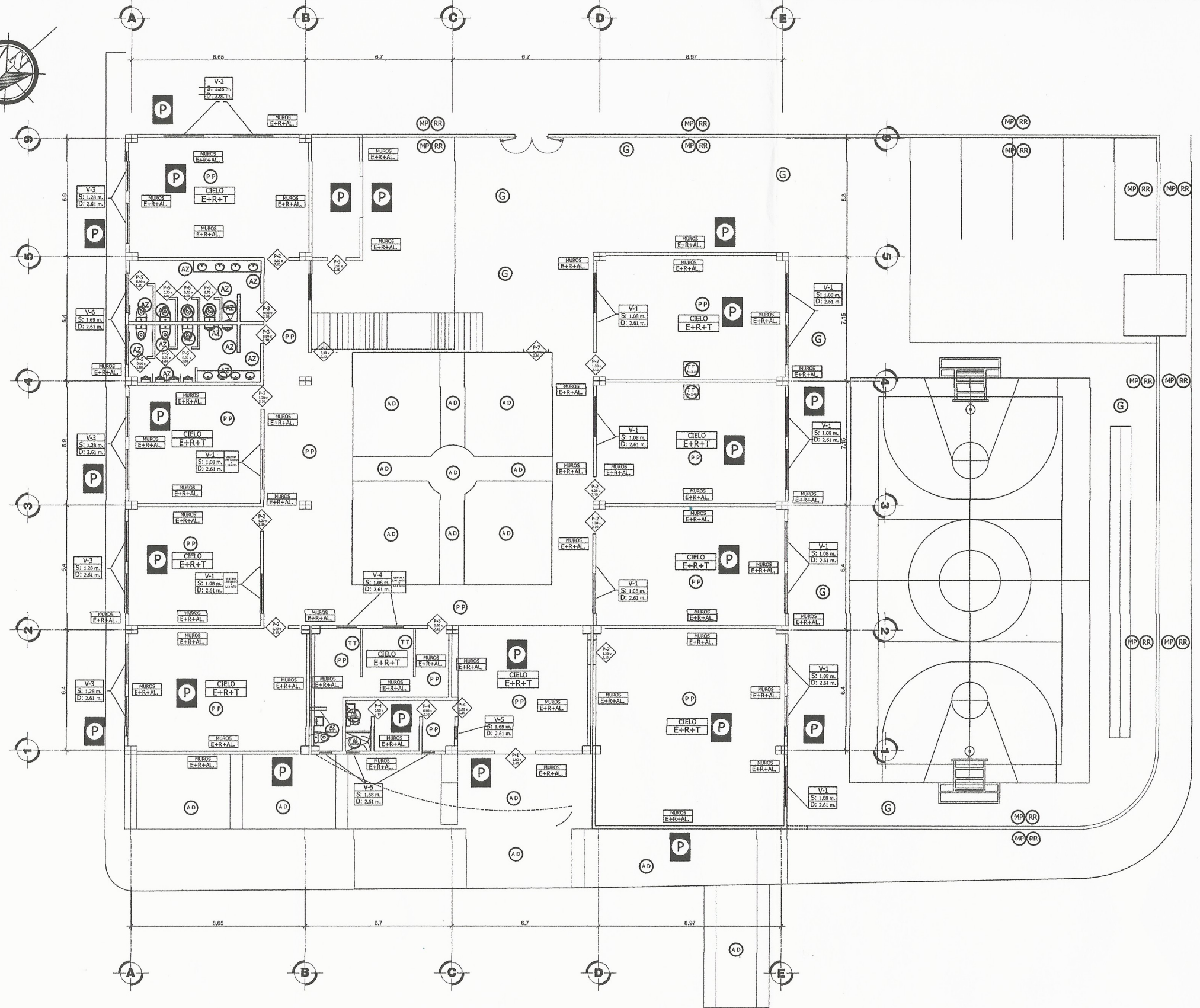
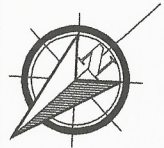
V-6
S: 1.69 m.
D: 2.61 m.

DISEÑO DE VENTANAS

ESC: 1/50



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
DETALLE PUERTAS Y VENTANAS		ESCALA:	INDICADA
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR:	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	Ing. OSCAR ARGUETA



SÍMBOLO	SIGNIFICADO
MUROS E+R+AL	ENSABIETADO + REPELLO + ALISADO
CIELO E+R+T	ENSABIETADO + REPELLO + TEXTURA GRANO FINO
AZ	AZULEJO EN MUROS, INSTALACION h=2.10 m
MP	MURO PREFABRICADO h=2.50 m.
RR	RAZOR RIBBON- ALAMBRE CON CUCHILLAS GALVANIZADO
P P	PISO CERAMICO DE 0.45 X 0.45 BEIGE
A D	ADOQUIN DECORATIVO COLORES ORO, ROJO, AMARILLO, GRIS Y CAFE, SOBRE BASE DE SELECTO 15 CM. COMPACTADA
P-1	INDICA TIPO DE PUERTA (VER ESPECIFICACION EN PLANILLA)
V-1	INDICA TIPO DE PUERTA (VER ESPECIFICACION EN PLANILLA)
A D	ADOQUIN DECORATIVO SOBRE BASE SELECTO 15 CM. COMPACTADA

PLANTA DE ACABADOS
ESC: 1/200



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR		PROGRAMA: EPS USAC 2018	
PLANTA DE ACABADOS		ESCALA: INDICADA	
		FECHA: 2018	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CÁLCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	29	
ASESORÍA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR: UNIDAD DE EPS, USAC		
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: Ing. OSCAR ARGUETA		

Apéndice 2. **Planos constructivos del instituto básico de dos niveles en la colonia linda vista, zona 4 y diseño de un drenaje sanitario en zona 5, Villa Nueva**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

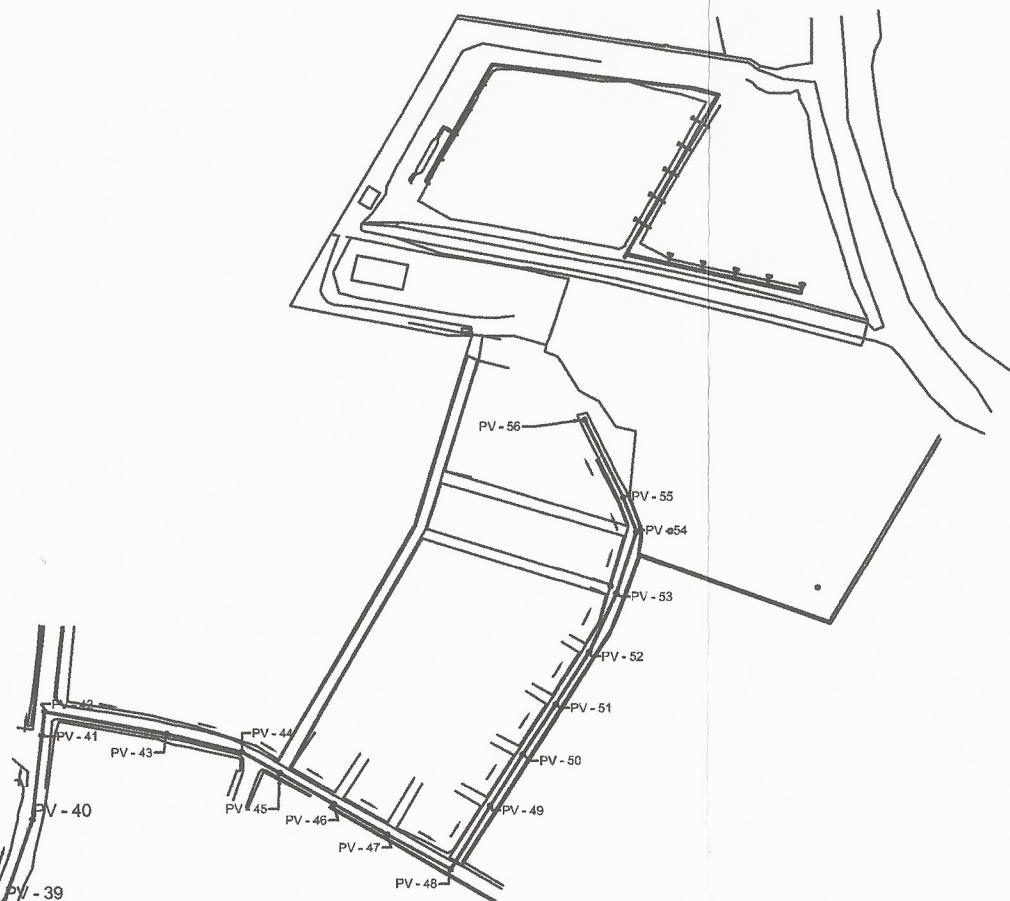
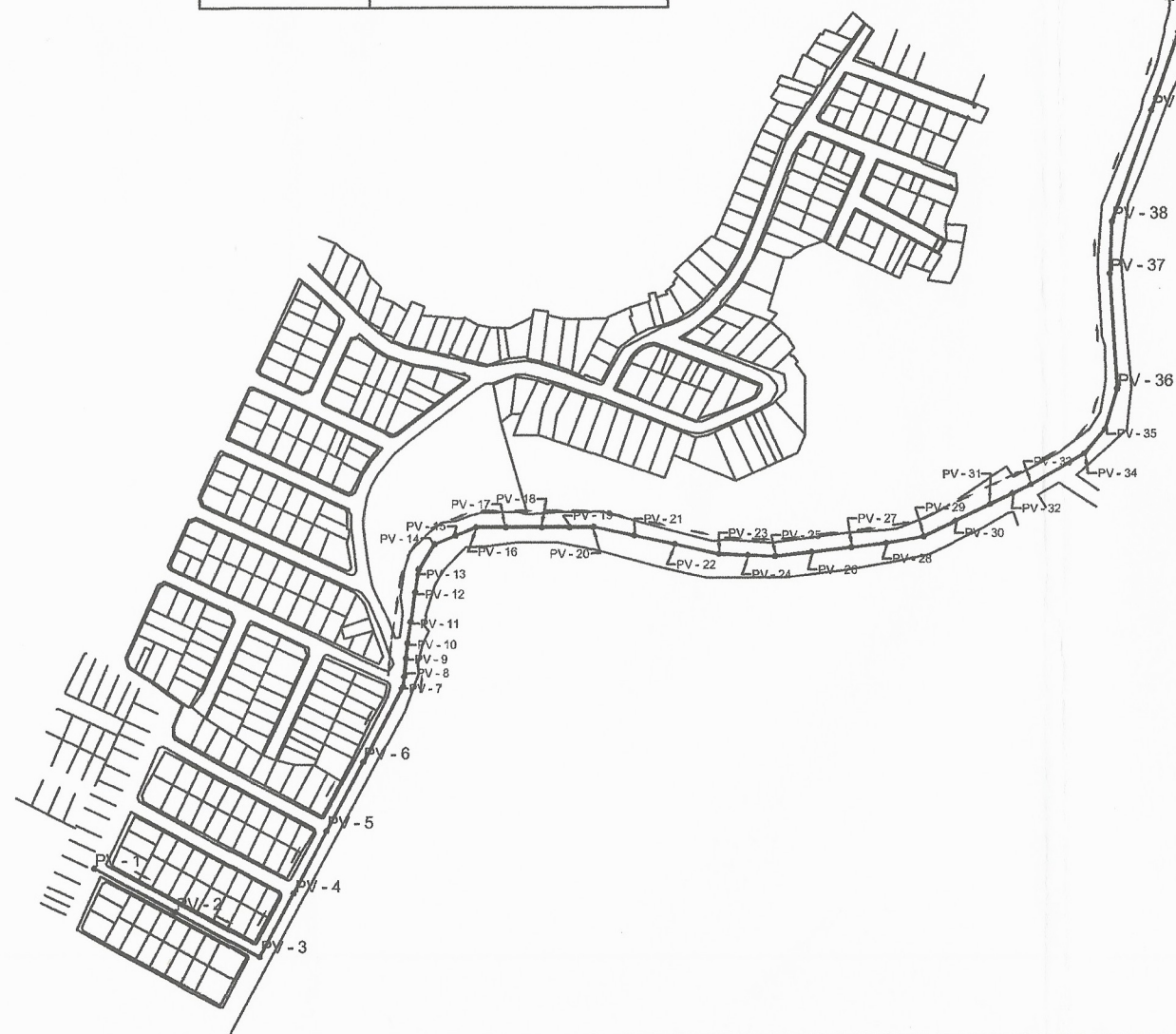


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO:	PROGRAMA:	
DISEÑO DRENAJE SANITARIO	EPS USAC 20	
PLANTA DE CURVAS DE NIVEL		ESCALA:
		1:2000
		FECHA:
		2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO:	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">1</div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; transform: rotate(45deg); display: flex; align-items: center; justify-content: center;">11</div> </div>
WAGNER PAREDES	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	
ASESORIA:	SUPERVISOR	
DMP VILLA NUEVA	UNIDAD DE EPS, USAC	
DIBUJO:	FIRMA:	
JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	ING. OSCAR ARGUETA	



SIMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	POZO DE VISITA
	TUBERIA
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA

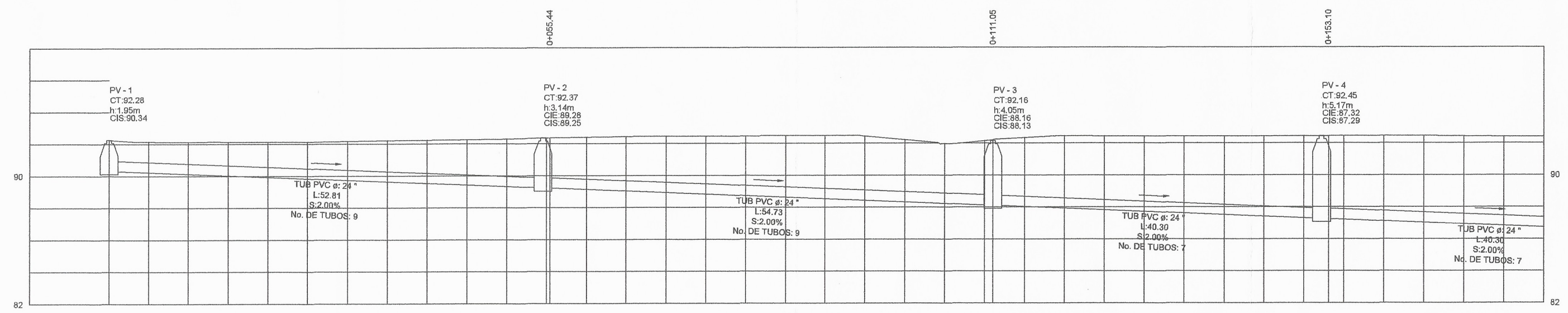
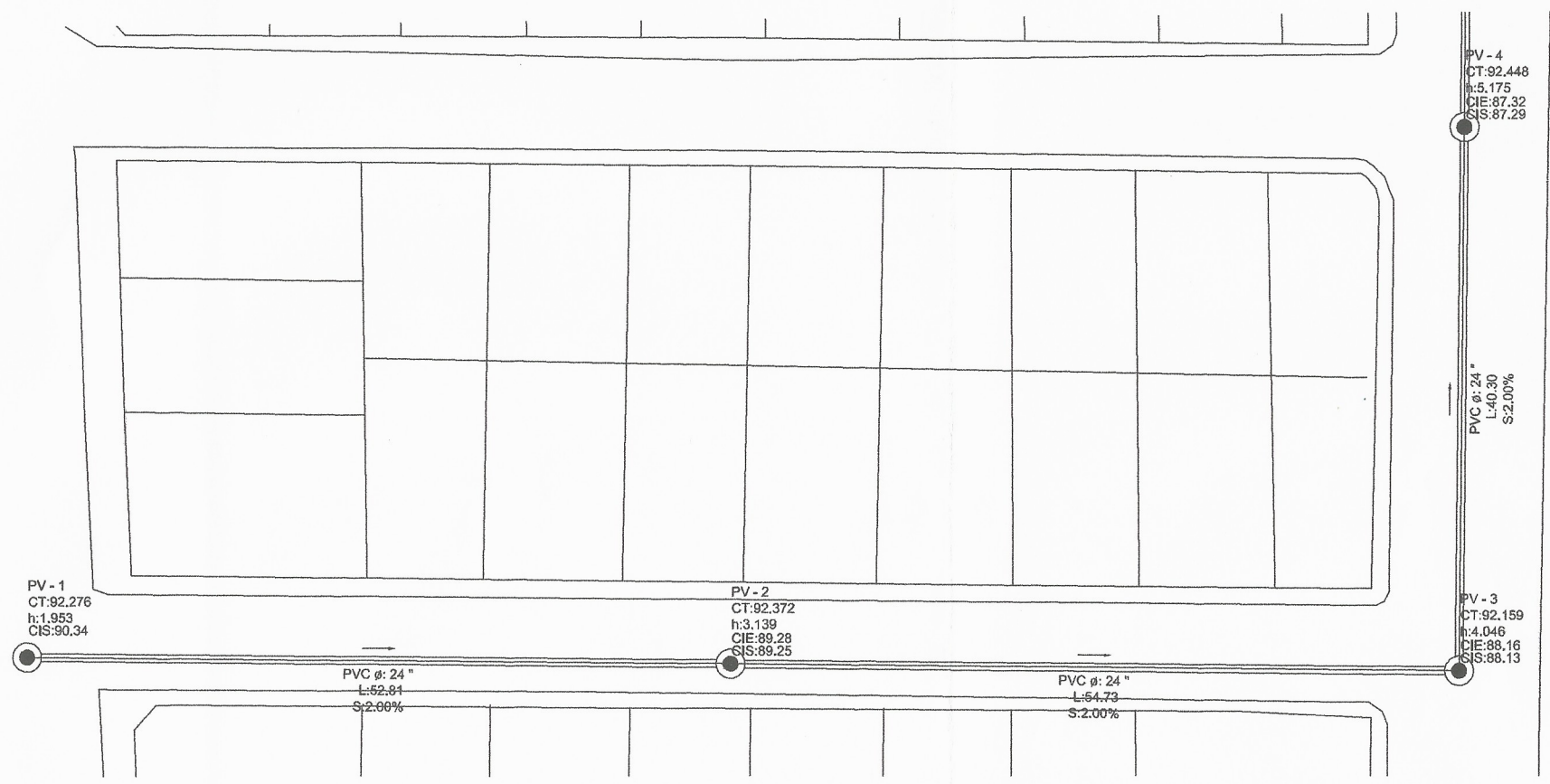


PLANTA DE DRENAJE SANITARIO

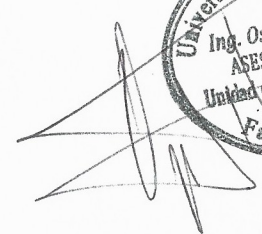

1/2000




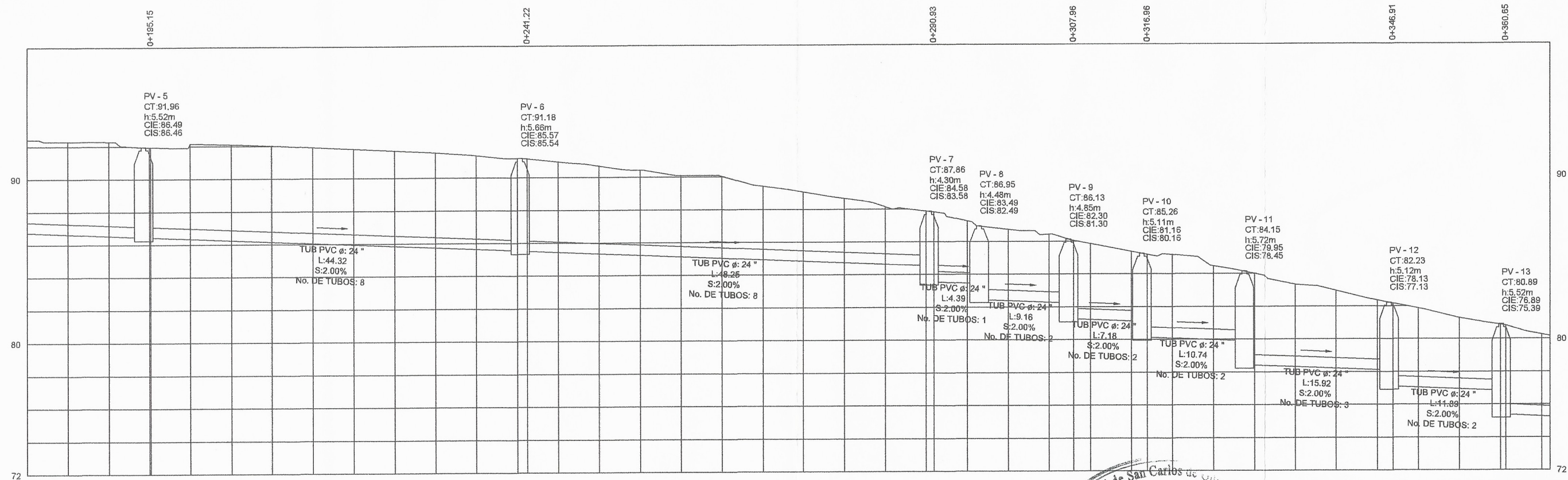
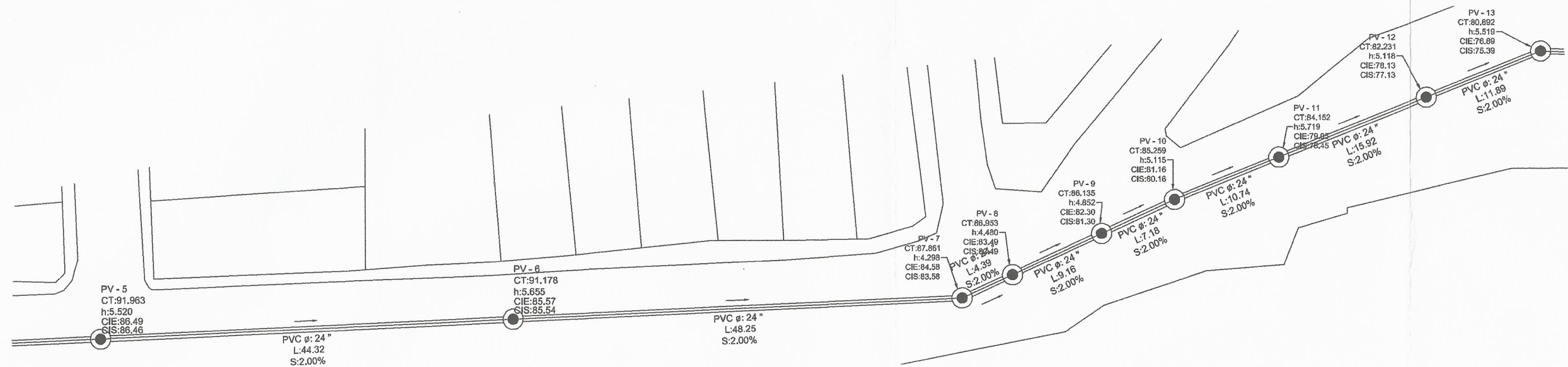
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	DISEÑO DRENAJE SANITARIO	PROGRAMA:	EPS USAC 2018
PLANTA		ESCALA:	1/2000
		FECHA:	2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:	WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA:	UNIDAD DE EPS, USAC	SUPERVISOR	UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO:	JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA:	ING. OSCAR ARGUETA
		2	
		11	



PV1-PV4

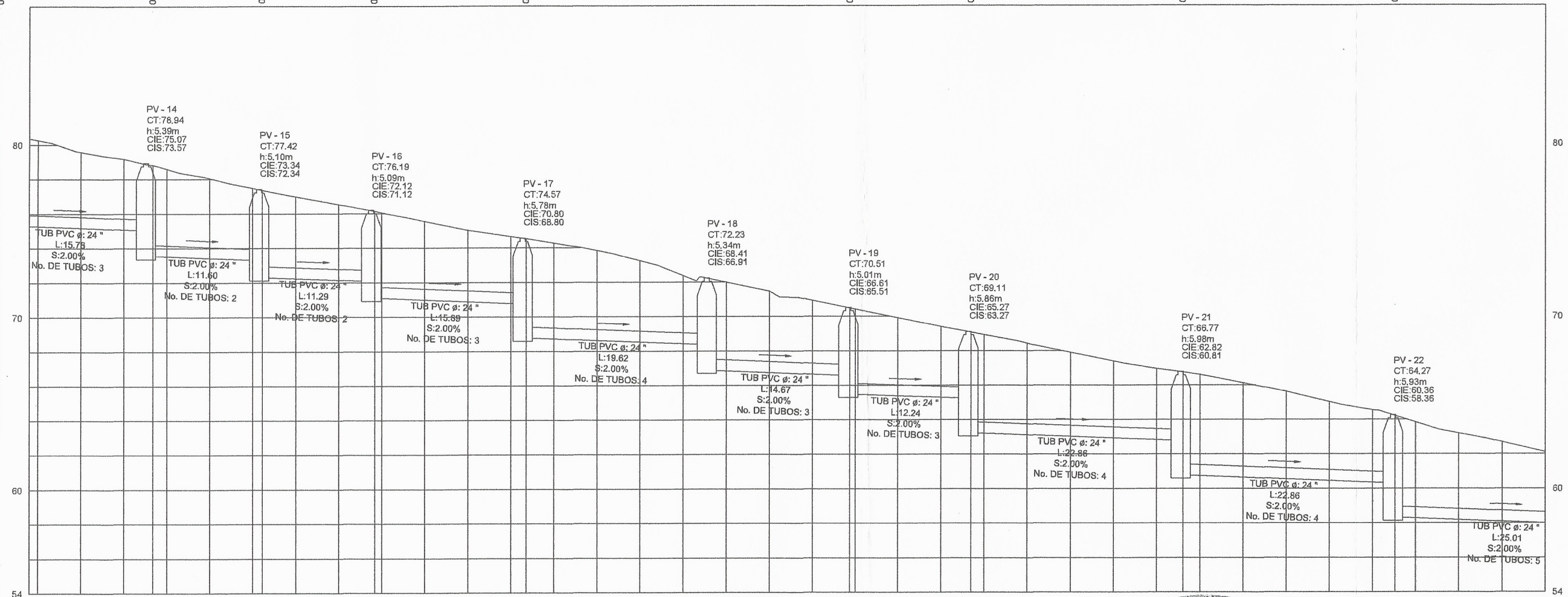
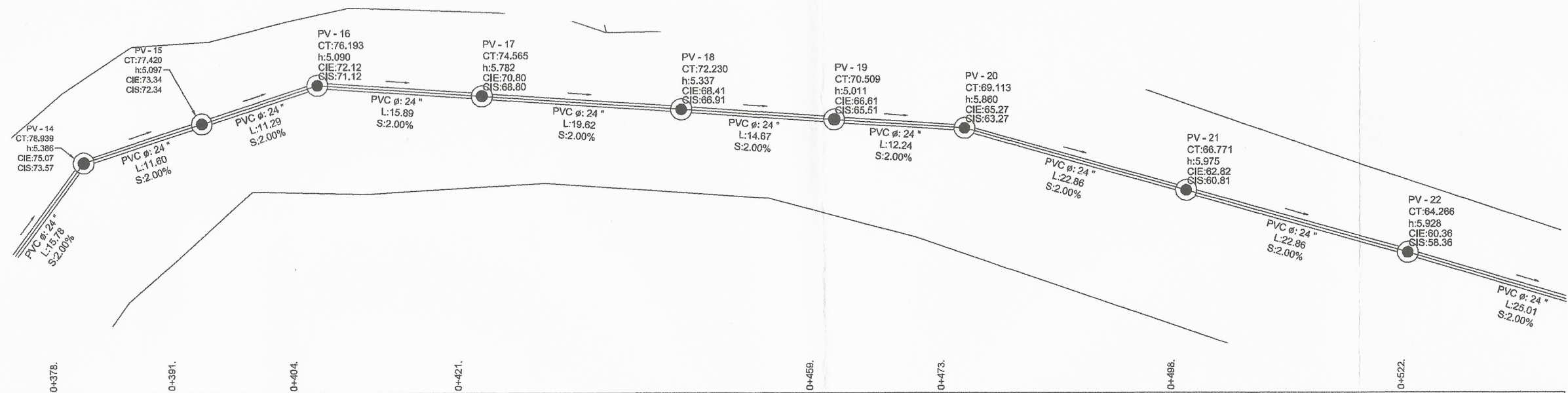
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: DISEÑO DRENAJE SANITARIO	PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA-PERFIL PV1-PV4	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR: UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: ING. OSCAR ARGUETA
ESCALA: 1/250	
FECHA: 2018	
3	
11	



PV5-PV12

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguera Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

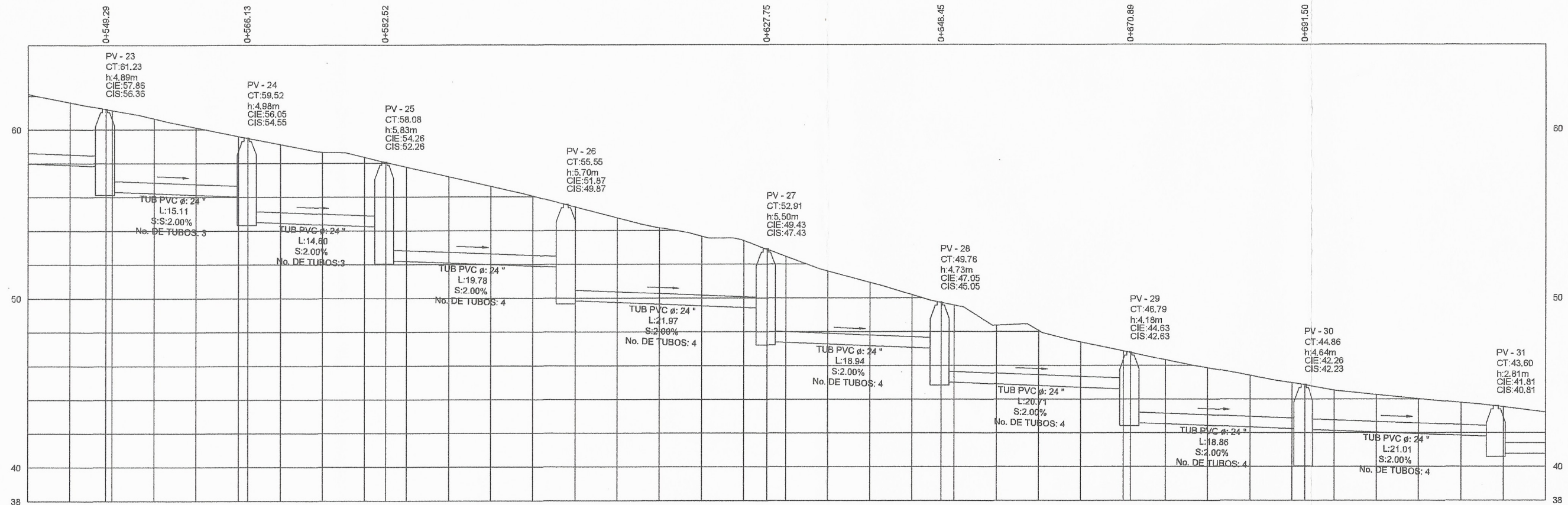
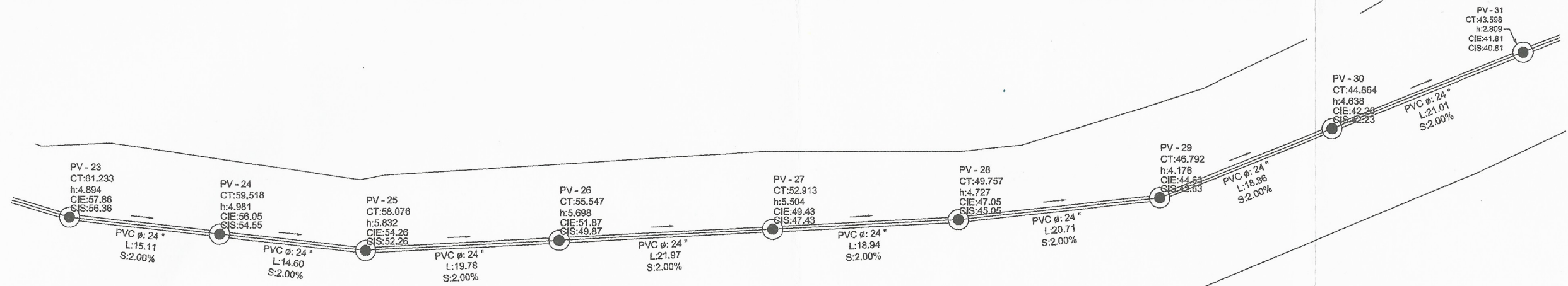
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO: DISEÑO DRENAJE SANITARIO	PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA-PERFIL PV5-PV12	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR: UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: ING. OSCAR ARGUETA
FECHA: 2018	
4	
11	



PV14-PV22



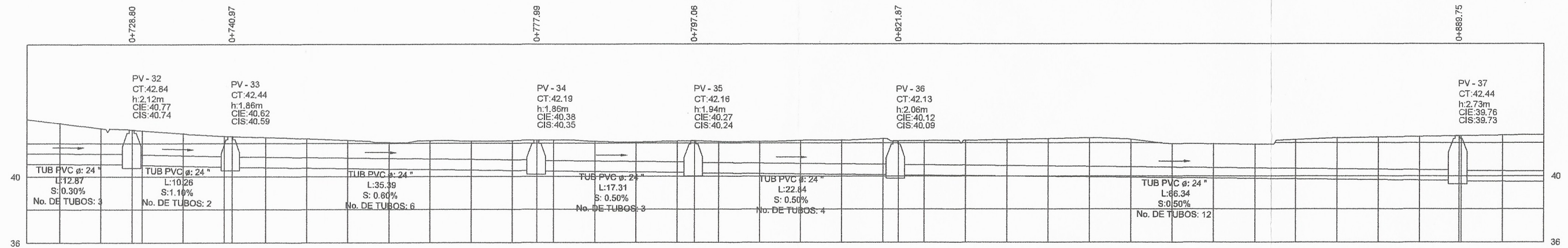
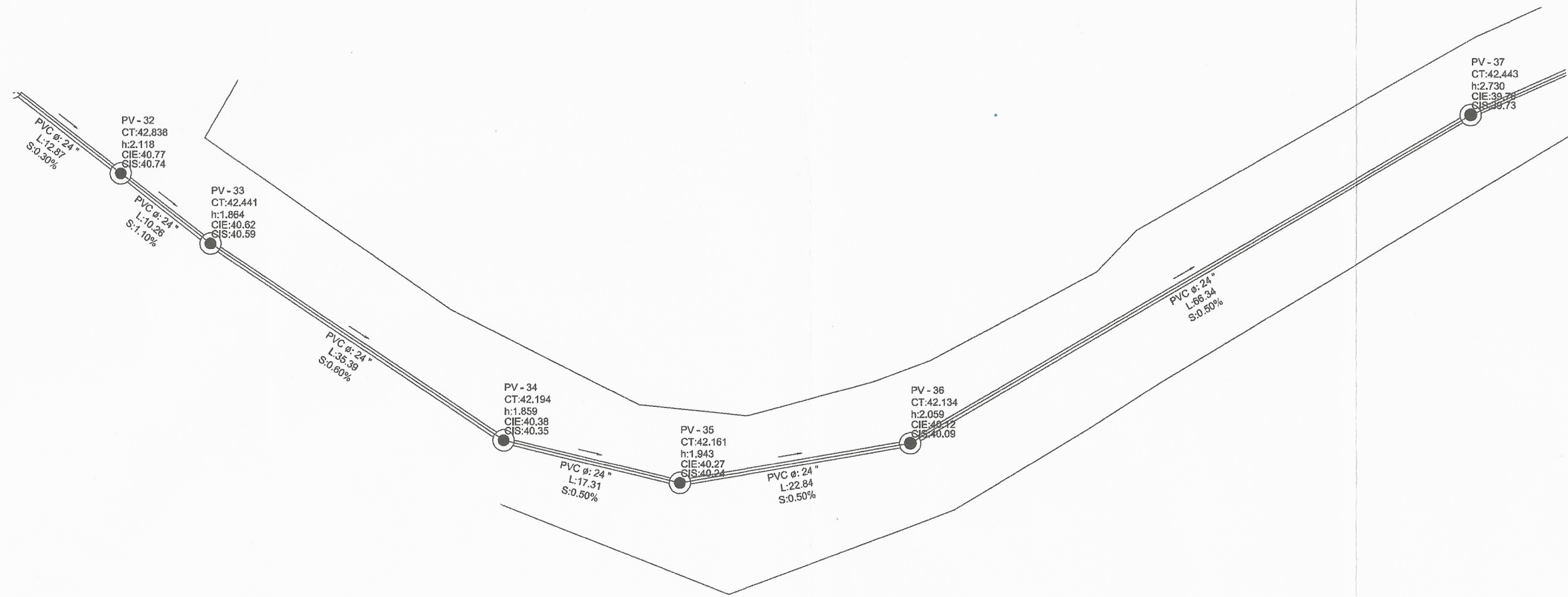
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: DISEÑO DRENAJE SANITARIO	PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA-PERFIL PV 14-PV22	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DISEÑO Y CALCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: ING. OSCAR ARGUETA
11	



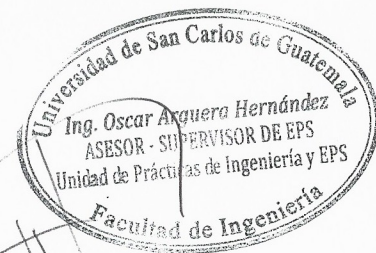
PV23-PV31


Universidad de San Carlos de Guatemala
 Oscar Argueta Hernández
 SUPERVISOR DE EPS
 Ingeniería y EPS

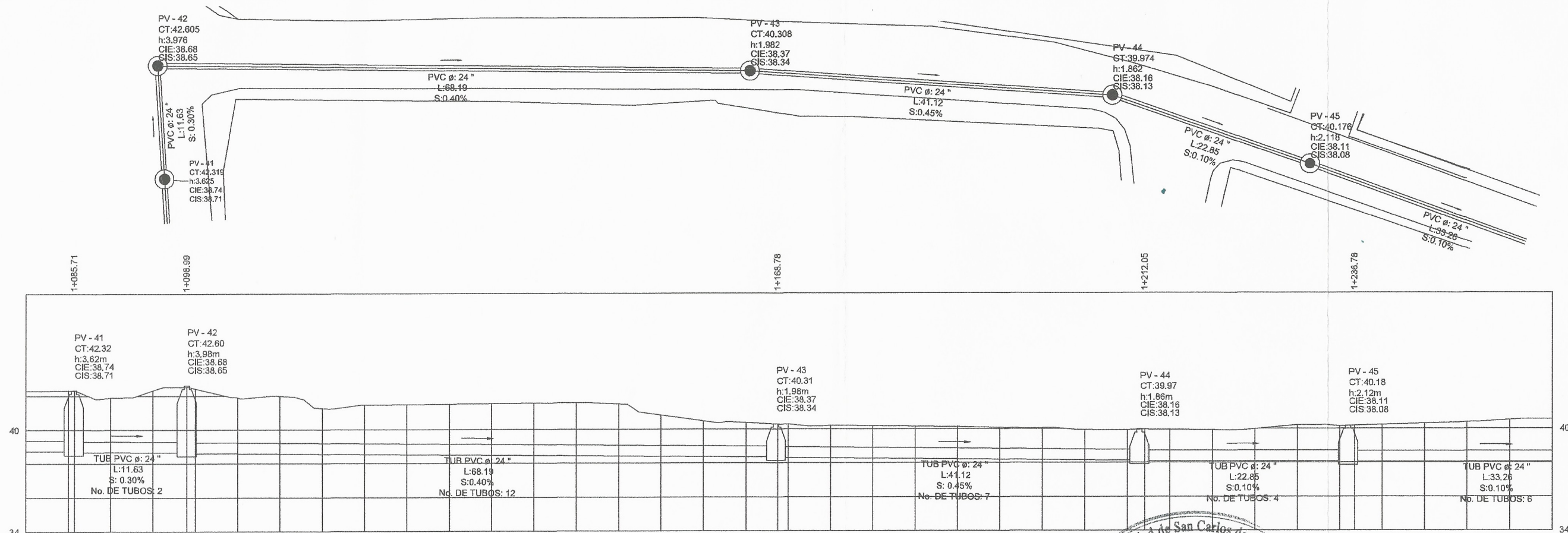
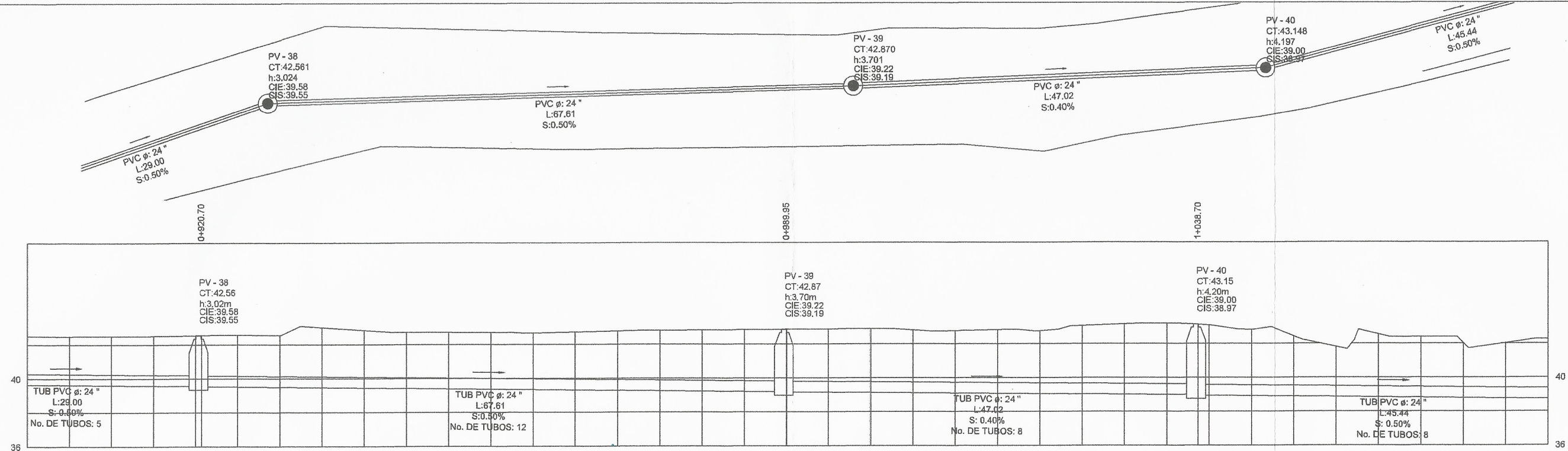
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: DISEÑO DRENAJE SANITARIO	PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA-PERFIL PV23- PV31	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA: DMP VILLANUEVA	SUPERVISOR: UNIDAD DE EPS USAC
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: ING. OSCAR ARGUETA
FECHA: 2018	
6	
11	



PV32-PV37



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: DISEÑO DRENAJE SANITARIO	PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA-PERFIL PV32- PV37	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR: UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: ING. OSCAR ARGUETA
11	



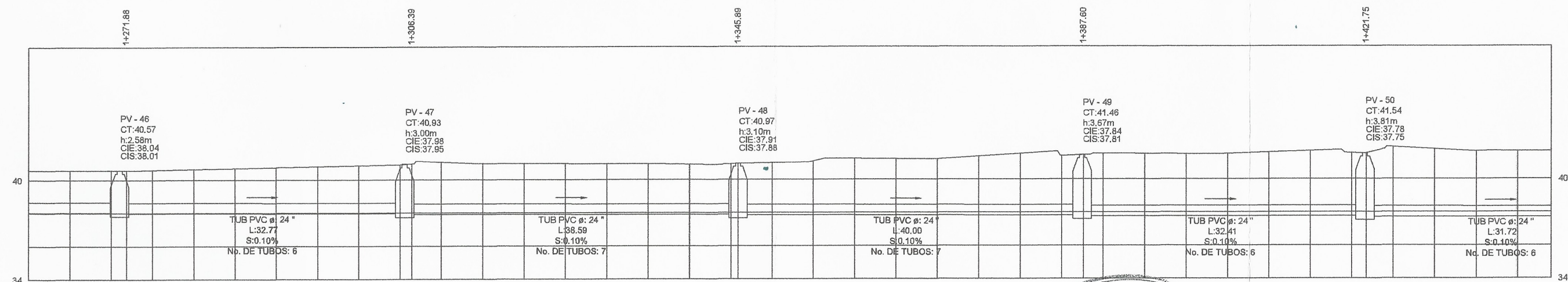
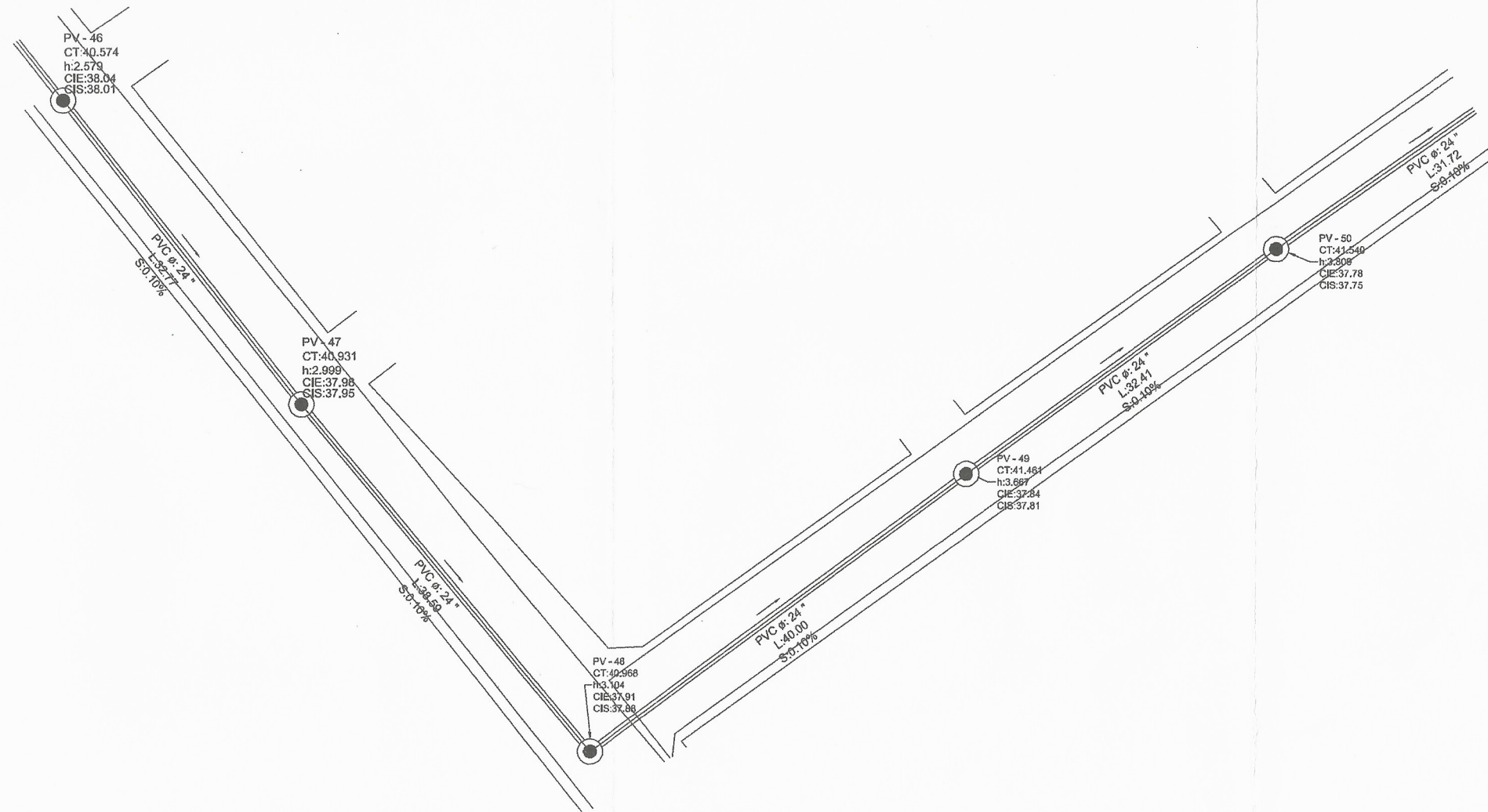
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Arguera Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA


FACULTAD DE INGENIERÍA

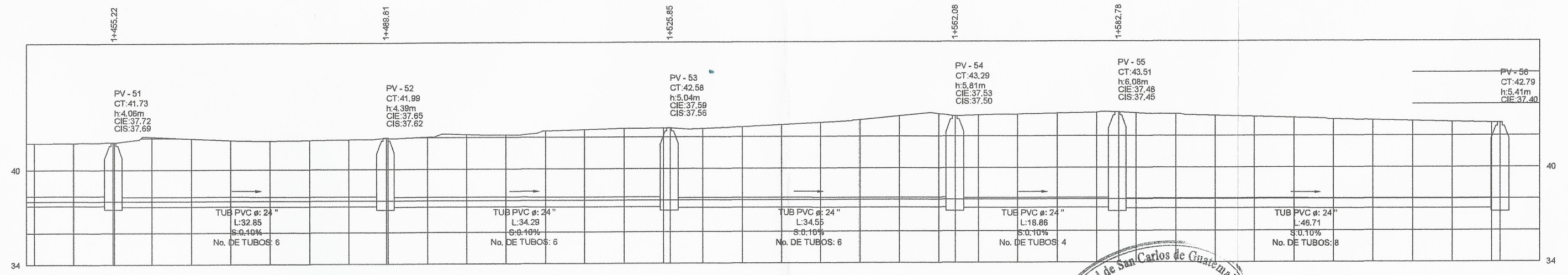
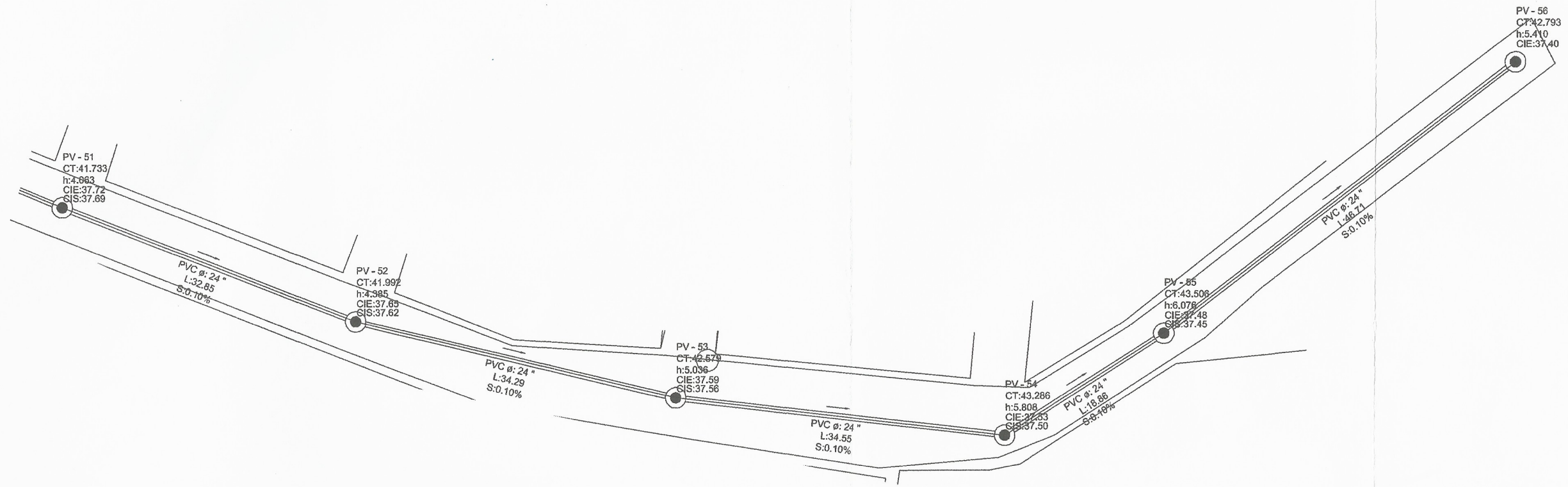
PROYECTO: DISEÑO DRENAJE SANITARIO		PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA-PERFIL PV38- PV45		ESCALA: 1/250
		FECHA: 2018
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	8
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC	
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: ING. OSCAR ARGUETA	11



PV45-PV50

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

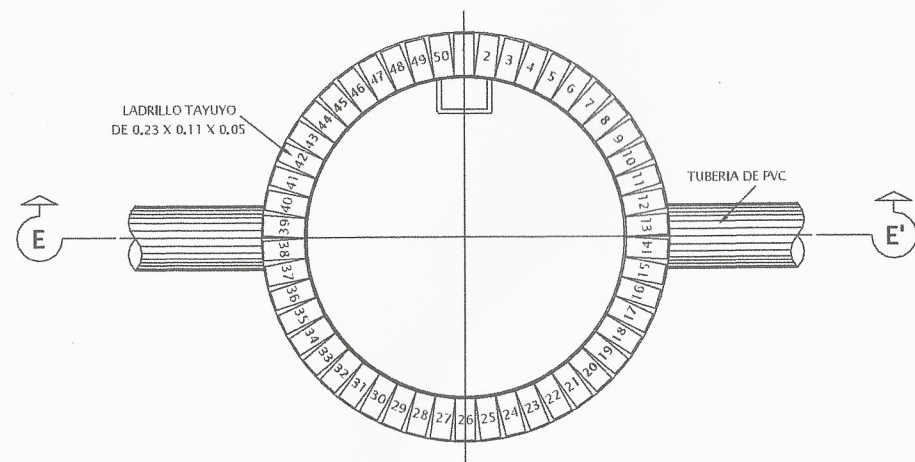
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO: DISEÑO DRENAJE SANITARIO	PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA-PERFIL PV45- PV50	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: ING. OSCAR ARGUETA
9	
11	



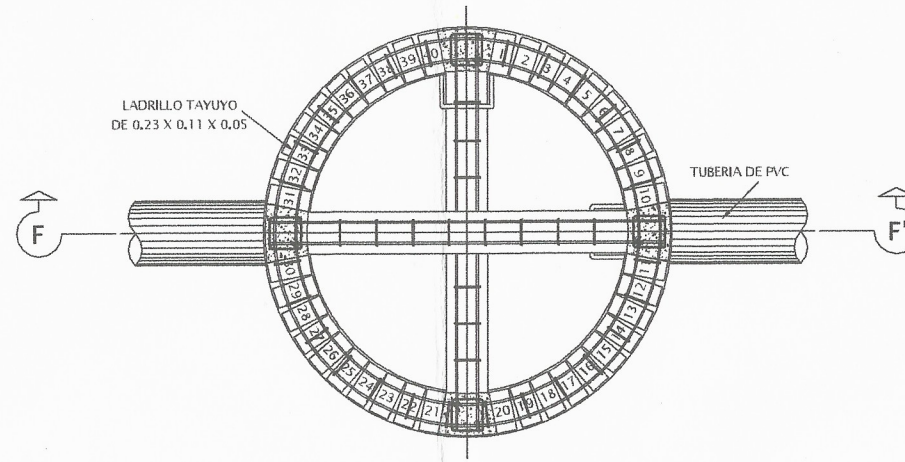
PV51-PV56

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguera Hernández
 ASESOR / SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

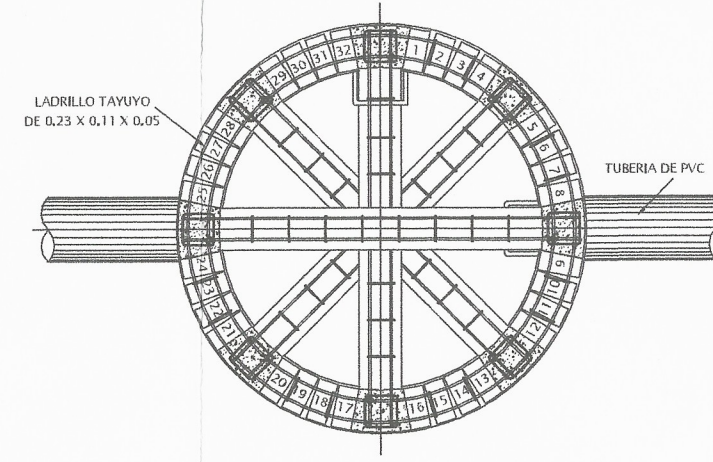
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
PROYECTO: DISEÑO DRENAJE SANITARIO	PROGRAMA: EPS USAC 2018
PLANTA-PERFIL PV51- PV56	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRÁULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: ING. OSCAR ARGUETA
10	
11	



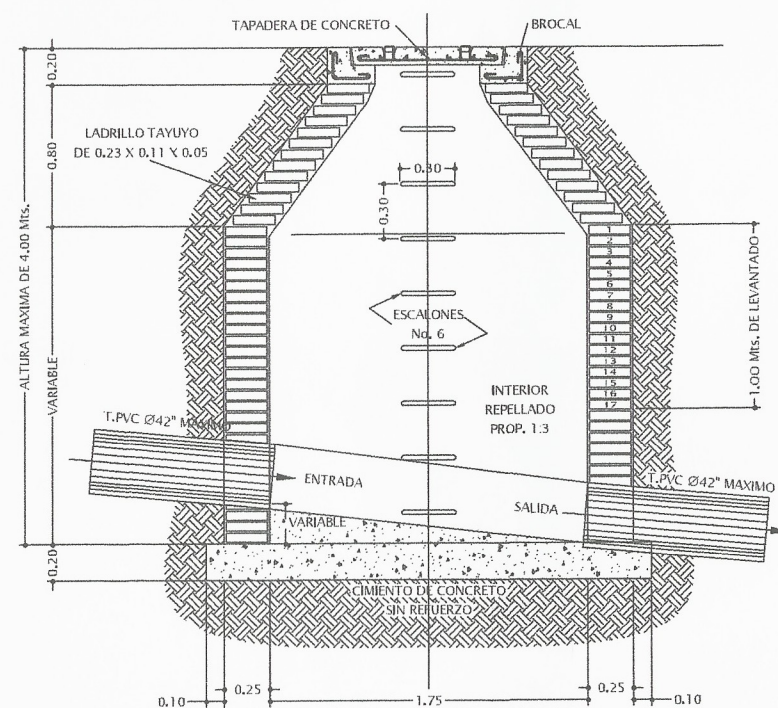
PLANTA



PLANTA



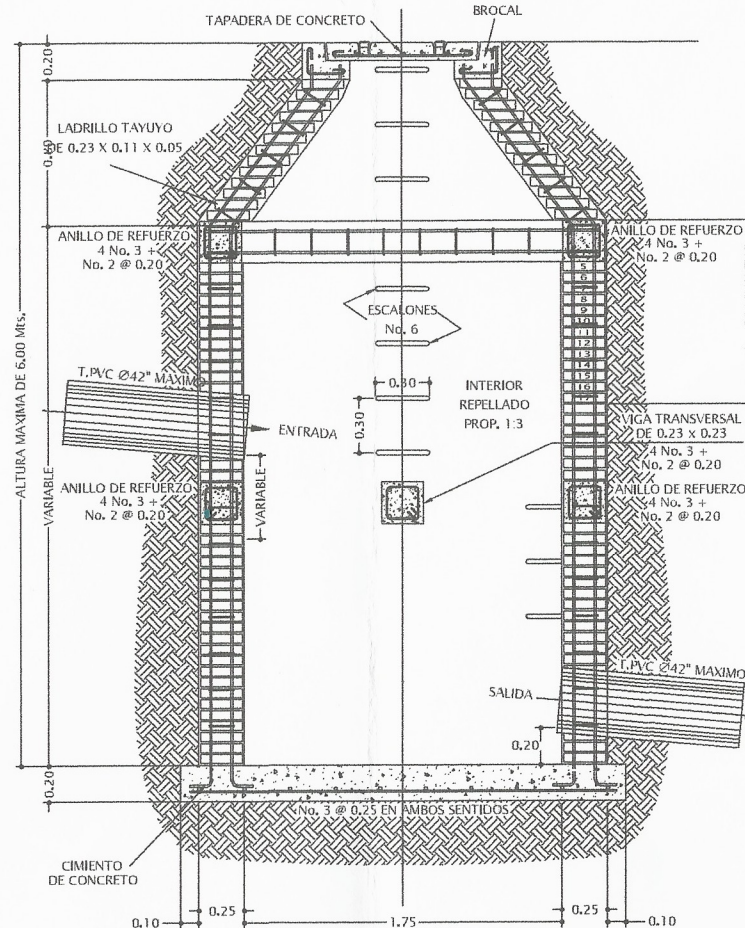
PLANTA DE POZO Ø 1.75
PARA ALTURAS MAYORES DE 6 Mts.



SECCION N-N'

POZO DE VISITA Ø 1.75
PARA ALTURAS ENTRE 0 Y 4 Mts.
Y DIAMETRO DE T.PVC MAXIMO DE 42"

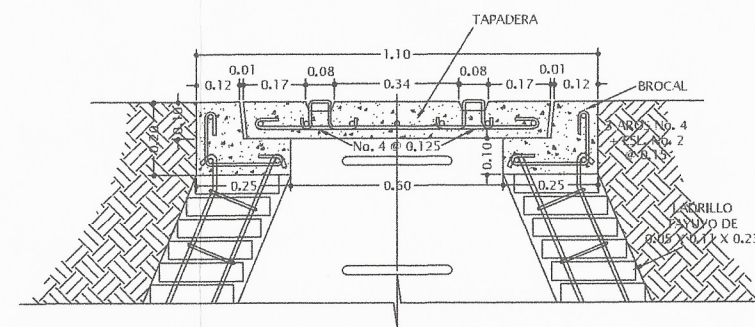
ESCALA 1:20



SECCION S-S'

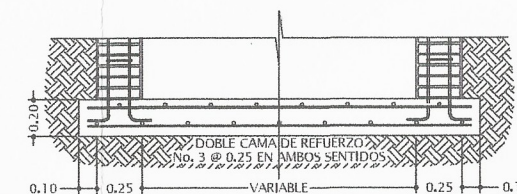
POZO DE VISITA Ø 1.75
PARA ALTURAS ENTRE 4 Y 6 Mts.
Y DIAMETRO DE T.PVC MAXIMO DE 42"

ESCALA 1:20



BROCAL Y TAPADERA
TIPICO PARA POZOS DE VISITA

ESCALA 1:10



CIMENTO PARA POZOS DE VISITA
PARA ALTURAS MAYORES DE 6 Mts.

ESCALA 1:20

NOTAS:
EN CASO DE QUE LA DIFERENCIA ENTRE LA COTA INVERT DE ENTRADA Y LA DE SALIDA SEA MAYOR DE 0.20 Mts. DEBE DEJARSE EN EL FONDO DEL POZO UN COLCHON DE AGUA DE 0.20 Mts. DE ALTURA.

EL DIAMETRO DEL POZO A CONSTRUIR DEBERA ESTAR DE ACUERDO CON EL DIAMETRO MAXIMO DE ENTRADA INDICADO EN ESTA HOJA, PERO LOS POZOS MAYORES DE 4.00 Mts. DEBERAN TENER POR LO MENOS 1.50 Mts. DE DIAMETRO Y LOS MAYORES DE 6.00 Mts. POR LO MENOS 1.75 Mts. DE DIAMETRO

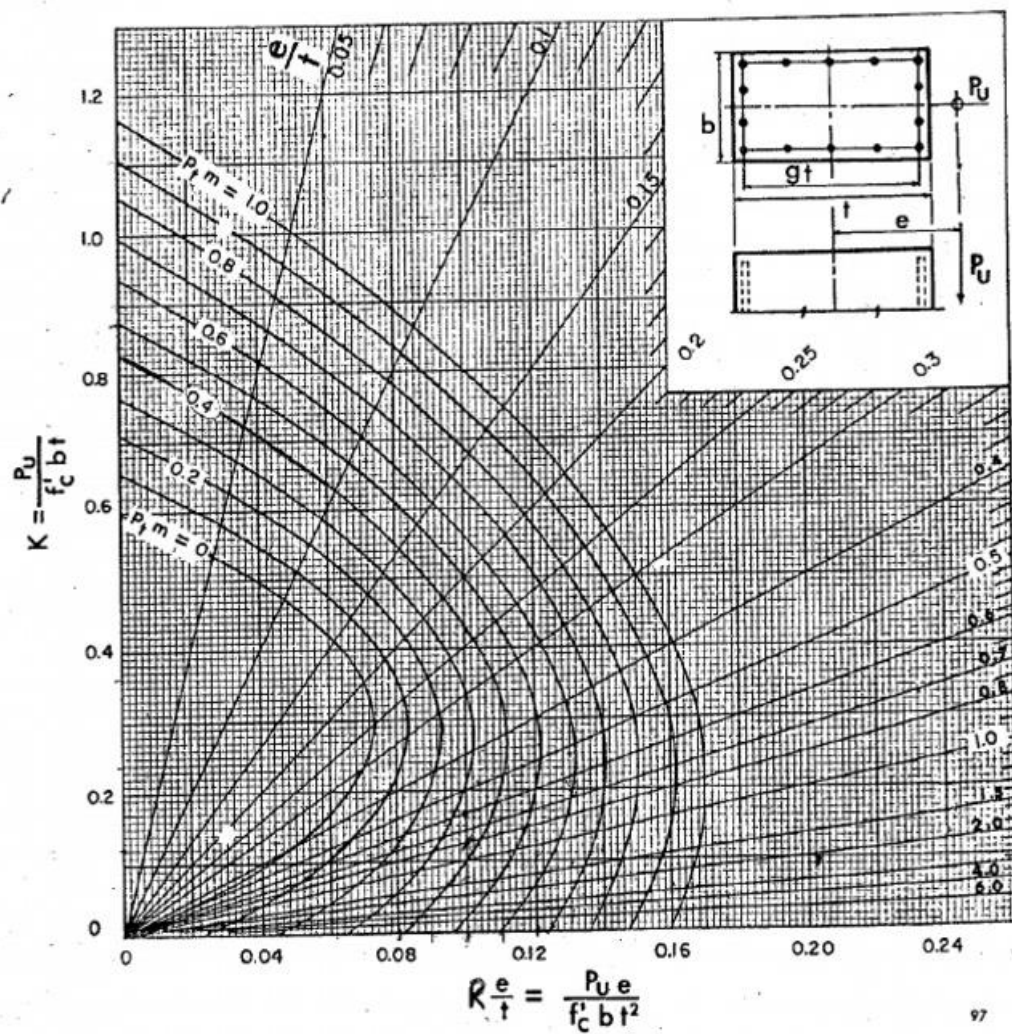
TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: DISEÑO DRENAJE SANITARIO	PROGRAMA: EPS USAC 2018
DETALLE DE POZOS	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: WAGNER PAREDES	DIBUJO Y CALCULO HIDRAULICO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA
ASESORIA: DMP VILLA NUEVA	SUPERVISOR: UNIDAD DE EPS, USAC
DIBUJO: JUAN DIEGO LACAYO RIVERA	FIRMA: ING. OSCAR ARGUETA
11	

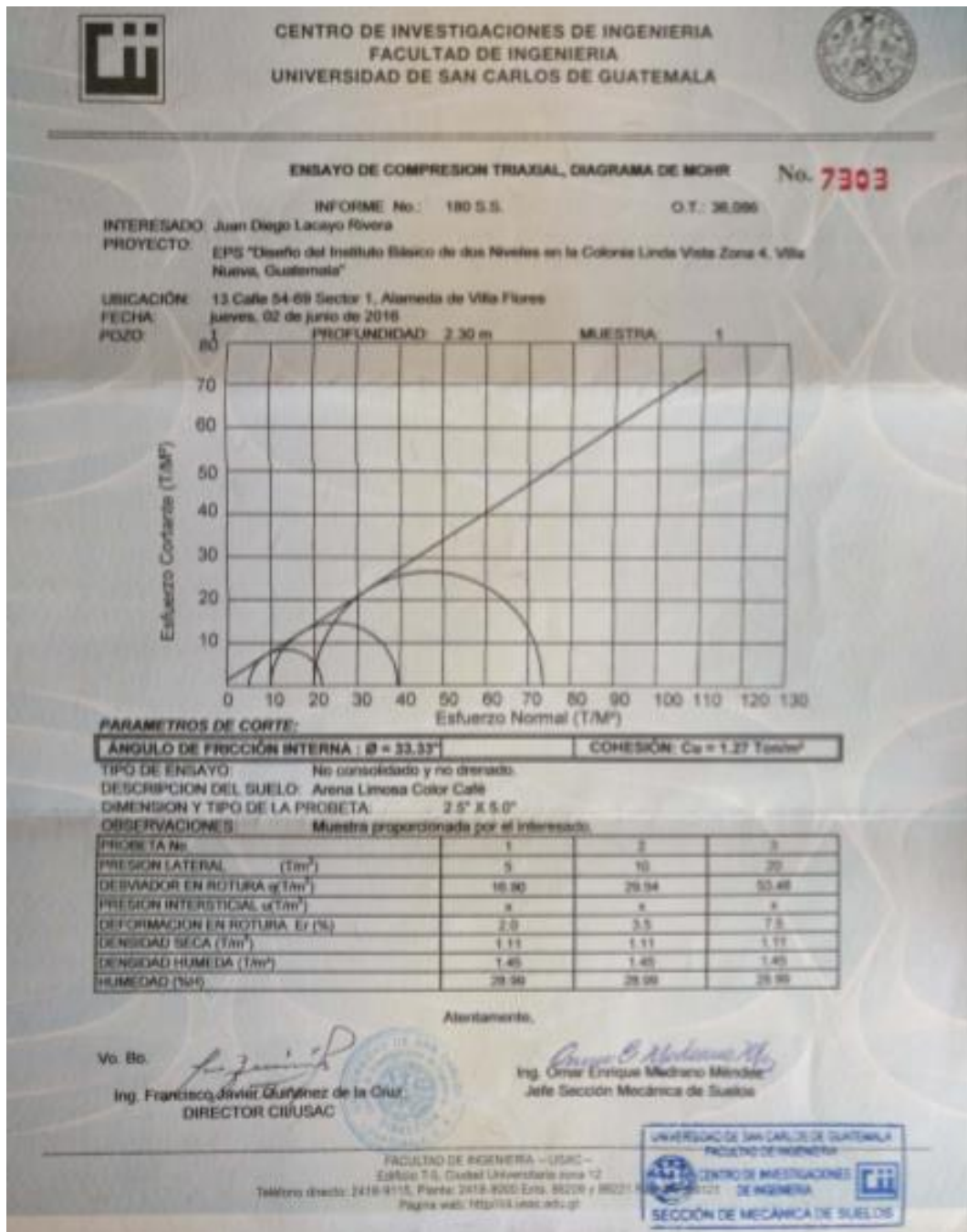
ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de iteración para columnas



Fuente: Cartilla del concreto.

Anexo 2. Resultados de estudio de suelos



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 3. Cargas vivas para edificaciones

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Vivienda		
Balcones	300 [R]	
Habitaciones y pasillos	200 [R]	
Escaleras	300	
Oficina		
Pasillos y escaleras	300	
Oficinas	250 [R]	800
Áreas de cafetería	500	
Hospitales		
Pasillos y rampas	500	450
Clínicas y encamamiento	250 [R]	
Servicios médicos y laboratorio	350 [R]	800
Farmacia	500	
Escaleras	500	
Cafetería y cocina	500	
Hoteles, carga de escaleras y de elevadores		
Habitaciones	200 [R]	450
Servicios y áreas públicas	500	800
Educativos		
Aulas	200 [R]	400
Pasillos y escaleras	500	
Salones de lectura de biblioteca	200 [R]	400
Área de estanterías de biblioteca	700	800
Áreas de reunión		
Escaleras privadas	300 [R]	Ver 3.2 (d)
Escaleras públicas	500	Ver 3.2 (d)
Balcones	500	
Vestíbulos públicos	500	
Plazas a nivel de la calle	500	800
Salones con asiento fijo	300 [R]	
Salones sin asiento fijo	500	800
Escenarios y circulaciones	500	
Estacionamientos		
Garajes para automóviles de pasajeros	250	Ver 3.2 (c)
Garajes para automóviles de carga (2000 Kg.)	500	Ver 3.2 (c)
Rampas vehiculares de uso colectivo	500	Ver 3.2 (c)
Áreas de circulación vehicular	250	Ver 3.2 (c)
Áreas de servicio y reparación	500	Ver 3.2 (c)
Instalaciones deportivas públicas		
Zonas de circulación	500	
Zonas de asientos	400	
Zonas sin asientos	800	
Canchas deportivas	Ver nota [a]	

Continuación del anexo 3.

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Almacenes		
Minoristas	500	800
Mayoristas	600	1200
Bodegas		
Cargas livianas	600	800
Cargas pesadas	1200	1200
Fábricas		
Industrias livianas	500	800
Industrias pesadas	1000	1200
Cubiertas pesadas (Inciso 3.3 (f))		
Azoteas de concreto con acceso	200	
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100	
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 ^[b]	
Azoteas usadas para jardín o para reuniones	500	
Cubiertas livianas (Inciso 3.3 (g))		
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	25 ^{[b][c]}	135
[a] Carga depende del tipo de cancha		
[b] Sobre proyección horizontal		
[c] Carga no reducible		
[R] Puede aplicar reducción de carga viva según 3.5.		

3.7.2 Para pasarelas o puentes peatonales, la carga viva mínima es de 500 kg/m². No aplica reducción de carga viva.

Fuente: AGIES NSE 2-10. *Norma de seguridad estructural*. p. 17.

Anexo 4. Coeficientes de sitio Fa y Fv

- Coeficiente Fa

Clase de sitio	Índice de sismicidad						
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
C ^[1]	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2		
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0		
E	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9		
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4						

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo firme clasifica como C o como D, el factor Fa se tomará del suelo C.

- Coeficiente Fv

Tabla 4.5-2 — Coeficientes de sitio F_v

Clase de sitio	Índice de sismicidad						
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4		
D ^[1]	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7		
E	3.3	2.8	2.6	2.4	2.2		
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4						

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo firme clasifica como C o como D, el factor F_v se tomará del suelo D.

Fuente: AGIES NSE 2-10. *Norma de seguridad estructural*. p. 18.

Anexo 5. Factores N_a , N_v (períodos largos y cortos de vibración)

- Factor N_a (períodos cortos de vibración)

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica ^{[1] [2]}		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.25	1.12	1.0
B	1.12	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

[1] Tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km.

[2] Utilizar el mayor factor N_a obtenido al cotejar todas las fuentes relevantes.

- Factor N_v (períodos largos de vibración)

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica ^{[1] [2]}			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.4	1.2	1.1	1.0
B	1.2	1.1	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

[1] Tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km.

Fuente: AGIES NSE 2-10. *Norma de seguridad estructural*. p. 19.

Anexo 6. Fe de erratas



FE DE ERRATAS

Normas de Seguridad Estructural para la República de Guatemala.

Edición "beta" del 11 de junio de 2013

Errores de texto encontrados hasta el 11 de junio de 2013

NSE1-10

- Sección 3.1.5 Dice como título "Obras importantes". Debe decir "Obras importantes y especiales"
- Sección 3.1.5.2 dice "Instalaciones de salud públicos y privados". Debe decir "Instalaciones de salud públicas y privadas".
- Sección 5.2.3 inciso e) dice "Cargas vivas y de acabados utilizadas en el cálculo estructural". Debe decir "Cargas vivas y cargas muertas superpuestas utilizadas en el cálculo estructural".

NSE2-10

- Sección 4.3.3.4 dice $T_s = \frac{S_{lc}}{S_{cs}}$. Debe decir $T_s = \frac{S_{ld}}{S_{cd}}$.
- Sección 3.4, tabla 3-1 carga viva para balcones de vivienda en la columna Wv dice "500", debe decir "300".
- Sección 8.2.2 dice "Excepto que para diseñar muro y columnas, la ecuación CR5 puede limitarse a". Debe decir "Excepto que para diseñar muros, columnas y cimientos, la ecuación CR5 puede limitarse a".
- Sección 9.2.4 inciso 3) dice "No se podrán aplicar estas reducciones a los cimientos de sistemas estructurales de péndulo invertido (sistema E5, norma NSE3)". Debe decir "No se podrán aplicar estas reducciones a los cimientos de sistemas estructurales de columnas voladizas o péndulo invertido (sistema E5, norma NSE3)".
- Anexo A, No. 42 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 118 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 134 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 166 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".

Continuación del apéndice 6.



- Anexo A, No. 173 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 201 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 215 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 222 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 227 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 242 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 246 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 270 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 272 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 274 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 279 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 287 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 292 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".
- Anexo A, No. 294 dice Departamento "Atitlán" debe decir "Sololá".

NSE2.1-10

- Sección 4.3.2 tabla 4-1 encabezado de columna 1: omitase "(NR2, 3.2.2)"

NSE3-10

- Tabla 1-3 inciso 1) dice "... la rigidez lateral es directamente proporcional..." debe decir "... la rigidez lateral es inversamente proporcional..."
- Sección 2.1.2.1 ecuación 2-2b dice $C_s \geq S_{II}/R$ debe cambiarse a $C_s \geq 0.75 * K_a S_{II}/R$
- Sección 2.1.4.1 caso (a) dice "E1", debe decir "E2".
- Sección 2.1.4.1 caso (b) dice "E2", debe decir "E1".
- Sección 2.1.4.1 caso (c) dice "E2", debe decir "E1".
- Sección 2.1.4.1 caso (d) dice "E2", debe decir "E1".
- Sección 2.1.4.1 caso (e) dice "E2", debe decir "E1".

Continuación del apéndice 6.



- Sección 2.1.4.2 Dice "Para sistemas estructurales E1, E3 o E4", debe decir "Para sistemas estructurales E2, E3 o E4".

- Sección 2.1.4.2 ecuación 2-4a se muestra $T_s = \frac{0.0019}{\sqrt{C_w}} h_s^{0.95}$ debe cambiarse a

$$T_s = \frac{0.0062}{\sqrt{C_w}} h_s$$

- Sección 2.1.4.2 ecuación 2-4b se muestra como:

$$C_w = \frac{9.30}{A_B} \sum_{i=1}^n \left(\frac{h_s}{h_i} \right)^2 \left[\frac{A_i}{1 + 0.83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2} \right] \quad \text{Debe cambiarse a} \quad C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^n \left(\frac{h_s}{h_i} \right)^2 \left[\frac{A_i}{1 + 0.83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2} \right]$$

Fuente: AGIES NSE 2010. *Fe de erratas*. p. 2.

